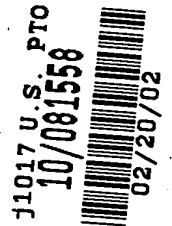


#2  
P-2  
日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE  
5/30/02



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日  
Date of Application:

2001年 2月22日

出願番号  
Application Number:

特願2001-045883

[ST.10/C]:

[JP2001-045883]

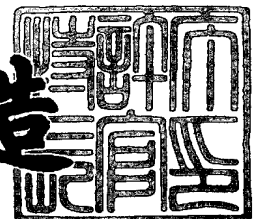
出願人  
Applicant(s):

株式会社半導体エネルギー研究所

2002年 1月11日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3115409

【書類名】 特許願

【整理番号】 P005545

【提出日】 平成13年 2月22日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 瀬尾 哲史

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 山崎 舜平

【特許出願人】

【識別番号】 000153878

【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所

【代表者】 山崎 舜平

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002543

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 有機発光素子および前記素子を用いた表示装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

正孔輸送材料、電子輸送材料、および青色発光材料を含む有機化合物膜が、陽極および陰極の間に設けられた有機発光素子において、前記有機化合物膜は、前記陽極から前記陰極へ方向に関して順次、前記正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、前記正孔輸送材料および前記青色発光材料の両方を含む第一の混合領域と、前記青色発光材料からなる発光領域と、前記電子輸送材料および前記青色発光材料の両方を含む第二の混合領域と、前記電子輸送材料からなる電子輸送領域と、が接続された構造であることを特徴とする青色有機発光素子。

【請求項 2】

正孔輸送材料、電子輸送材料、青色発光材料、および前記青色発光材料に対するホスト材料を含む有機化合物膜が、陽極および陰極の間に設けられた有機発光素子において、前記有機化合物膜は、前記陽極から前記陰極へ方向に関して順次、前記正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、前記正孔輸送材料および前記ホスト材料の両方を含む第一の混合領域と、前記ホスト材料に前記青色発光材料が添加された発光領域と、前記電子輸送材料および前記ホスト材料の両方を含む第二の混合領域と、前記電子輸送材料からなる電子輸送領域と、が接続された構造であることを特徴とする青色有機発光素子。

【請求項 3】

正孔輸送材料、電子輸送材料、青色発光材料である第一の発光材料、およびドーパントである第二の発光材料を含む有機化合物膜が、陽極および陰極の間に設けられた有機発光素子において、前記有機化合物膜は、前記陽極から前記陰極へ方向に関して順次、前記正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、前記正孔輸送材料および前記第一の発光材料の両方を含む第一の混合領域と、前記第一の発光材料からなる領域と、前記電子輸送材料および前記第一の発光材料の両方を含む第二の混合領域と、前記電子輸送材料からなる電子輸送領域と、が接続された構造であり、なおかつ、前記第二の発光材料は前記第一の発光材料よりも長波長の

発光を呈することを特徴とする白色有機発光素子。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の白色有機発光素子において、前記第二の発光材料は、前記第一の発光材料からなる領域の一部に含まれることを特徴とする白色有機発光素子。

【請求項 5】

請求項 3 に記載の白色有機発光素子において、前記第二の発光材料は、前記第一の混合領域ないしは前記第二の混合領域に含まれることを特徴とする白色有機発光素子。

【請求項 6】

正孔輸送材料、電子輸送材料、青色発光材料である第一の発光材料、ドーパントである第二の発光材料、およびドーパントである第三の発光材料を含む有機化合物膜が、陽極および陰極の間に設けられた有機発光素子において、前記有機化合物膜は、前記陽極から前記陰極へ方向に関して順次、前記正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、前記正孔輸送材料および前記第一の発光材料の両方を含む第一の混合領域と、前記第一の発光材料からなる領域と、前記電子輸送材料および前記第一の発光材料の両方を含む第二の混合領域と、前記電子輸送材料からなる電子輸送領域と、が接続された構造であり、なおかつ、前記第二の発光材料は前記第一の発光材料よりも長波長の発光を呈し、なおかつ、前記第三の発光材料は前記第二の発光材料よりも長波長の発光を呈することを特徴とする白色有機発光素子。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の白色有機発光素子において、前記第二の発光材料は前記第一の混合領域に含まれ、かつ、前記第三の発光材料は前記第二の混合領域に含まれることを特徴とする白色有機発光素子。

【請求項 8】

請求項 6 に記載の白色有機発光素子において、前記第二の発光材料は前記第二の混合領域に含まれ、かつ、前記第三の発光材料は前記第一の混合領域に含まれることを特徴とする白色有機発光素子。

## 【請求項 9】

正孔輸送材料および電子輸送材料を含む有機化合物膜が、陽極および陰極の間に設けられた有機発光素子において、前記有機化合物膜は、前記陽極から前記陰極への方向に関して順次、前記正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料の両方を含む混合領域と、前記電子輸送材料からなる電子輸送領域と、が接続された構造であり、前記正孔輸送材料ないしは前記電子輸送材料のいずれかが青色の発光を呈することを特徴とする青色有機発光素子。

## 【請求項 10】

正孔輸送材料、電子輸送材料、および青色発光材料を含む有機化合物膜が、陽極および陰極の間に設けられた有機発光素子において、前記有機化合物膜は、前記陽極から前記陰極への方向に関して順次、前記正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料の両方を含む混合領域と、前記電子輸送材料からなる電子輸送領域と、が接続された構造であり、かつ、前記青色発光材料が前記混合領域に添加されていることを特徴とする青色有機発光素子。

## 【請求項 11】

正孔輸送材料、電子輸送材料、およびドーパントを含む有機化合物膜が、陽極および陰極の間に設けられた有機発光素子において、前記有機化合物膜は、前記陽極から前記陰極への方向に関して順次、前記正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料の両方を含む混合領域と、前記電子輸送材料からなる電子輸送領域と、が接続された構造であり、なおかつ、前記正孔輸送材料ないしは前記電子輸送材料のいずれかが青色の発光を呈する青色発光材料であり、なおかつ、前記ドーパントは、前記青色発光材料よりも長波長の発光を呈することを特徴とする白色有機発光素子。

## 【請求項 12】

請求項 11 に記載の白色有機発光素子において、前記ドーパントは、前記青色発光材料からなる領域の一部に含まれることを特徴とする白色有機発光素子。

## 【請求項 13】

請求項 1 1 に記載の白色有機発光素子において、前記ドーパントは、前記第一の混合領域ないしは前記第二の混合領域に含まれることを特徴とする白色有機発光素子。

【請求項 1 4】

正孔輸送材料、電子輸送材料、第一のドーパント、および第二のドーパントを含む有機化合物膜が、陽極および陰極の間に設けられた有機発光素子において、前記有機化合物膜は、前記陽極から前記陰極へ方向に関して順次、前記正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料の両方を含む混合領域と、前記電子輸送材料からなる電子輸送領域と、が接続された構造であり、なおかつ、前記正孔輸送材料ないしは前記電子輸送材料のいずれかが青色の発光を呈する青色発光材料であり、なおかつ、前記第一のドーパントは前記青色発光材料よりも長波長の発光を呈し、なおかつ、前記第二のドーパントは前記第一のドーパントよりも長波長の発光を呈することを特徴とする白色有機発光素子。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 に記載の白色有機発光素子において、前記第一のドーパントは前記正孔輸送領域に含まれ、かつ、前記第二のドーパントは前記電子輸送領域に含まれることを特徴とする白色有機発光素子。

【請求項 1 6】

請求項 1 4 に記載の白色有機発光素子において、前記第一のドーパントは前記電子輸送領域に含まれ、かつ、前記第二のドーパントは前記正孔輸送領域に含まれることを特徴とする白色有機発光素子。

【請求項 1 7】

請求項 1 乃至請求項 2 または請求項 9 乃至請求項 1 0 のいずれか一項に記載の青色有機発光素子を有し、かつ、前記青色有機発光素子が呈する青色の光を吸収して緑色ないしは赤色の光を放出することができる蛍光材料からなる部材を有することを特徴とするフルカラー表示装置。

【請求項 1 8】

請求項 3 乃至請求項 8 または請求項 1 1 乃至請求項 1 6 のいずれか一項に記載

の白色有機発光素子を有し、かつ、カラーフィルターを有することを特徴とするフルカラー表示装置。

【請求項 1 9】

請求項 1 7 または請求項 1 8 のいずれか一項に記載のフルカラー表示装置を用いたことを特徴とする電気器具。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する分野】

本発明は、陽極と、陰極と、電界を加えることで発光が得られる有機化合物を含む膜（以下、「有機化合物膜」と記す）と、を有する有機発光素子を用いた表示装置に関する。本発明では特に、従来よりも発光効率が高く、なおかつ素子の寿命が長い青色有機発光素子または白色有機発光素子を用いたフルカラー表示装置に関する。なお、本明細書中における表示装置とは、発光素子として有機発光素子を用いた画像表示デバイスを指す。また、有機発光素子にコネクタ、例えば異方導電性フィルム（FPC: Flexible printed circuit）もしくはTAB（Tape Automated Bonding）テープもしくはTCP（Tape Carrier Package）が取り付けられたモジュール、TABテープやTCPの先にプリント配線板が設けられたモジュール、または有機発光素子にCOG（Chip On Glass）方式によりIC（集積回路）が直接実装されたモジュールも全て表示装置に含むものとする。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

有機発光素子は、電界を加えることにより発光する素子である。その発光機構は、電極間に有機化合物膜を挟んで電圧を印加することにより、陰極から注入された電子および陽極から注入された正孔が有機化合物膜中で再結合して、励起状態の分子（以下、「分子励起子」と記す）を形成し、その分子励起子が基底状態に戻る際にエネルギーを放出して発光すると言われている。

【0 0 0 3】

なお、有機化合物が形成する分子励起子の種類としては、一重項励起状態と三重項励起状態が可能であると考えられるが、本明細書中ではどちらの励起状態が

発光に寄与する場合も含むこととする。

【 0 0 0 4 】

このような有機発光素子において、通常、有機化合物膜は $1\mu\text{m}$ を下回るほどの薄膜で形成される。また、有機発光素子は、有機化合物膜そのものが光を放出する自発光型の素子であるため、従来の液晶ディスプレイに用いられているようなバックライトも必要ない。したがって、有機発光素子は極めて薄型軽量に作製できることが大きな利点である。

【 0 0 0 5 】

また、例えば $100\sim 200\text{nm}$ 程度の有機化合物膜において、キャリアを注入してから再結合に至るまでの時間は、有機化合物膜のキャリア移動度を考えると数十ナノ秒程度であり、キャリアの再結合から発光までの過程を含めてもマイクロ秒以内のオーダーで発光に至る。したがって、非常に応答速度が速いことも特長の一つである。

【 0 0 0 6 】

さらに、有機発光素子はキャリア注入型の発光素子であるため、直流電圧での駆動が可能であり、ノイズが生じにくい。駆動電圧に関しては、まず有機化合物膜の厚みを $100\text{nm}$ 程度の均一な超薄膜とし、また、有機化合物膜に対するキャリア注入障壁を小さくするような電極材料を選択し、さらにはヘテロ構造（二層構造）を導入することによって、 $5.5\text{V}$ で $100\text{cd/m}^2$ の十分な輝度が達成された（文献 1 : C. W. Tang and S. A. VanSlyke, "Organic electroluminescent diodes", Applied Physics Letters, vol. 51, No.12, 913-915 (1987))。

【 0 0 0 7 】

こういった薄型軽量・高速応答性・直流低電圧駆動などの特性から、有機発光素子は次世代のフラットパネルディスプレイ素子として注目されている。また、自発光型であり視野角が広いことから、視認性も比較的良好であり、特に携帯機器の表示画面に用いる素子として有効と考えられている。

【 0 0 0 8 】

さらに、有機発光素子は、発光色のバリエーションに富んでいることも特色の一つである。このような色彩の豊かさの要因は、有機化合物自体の多様性にある



。すなわち、分子設計（例えば置換基の導入）等により様々な発光色の材料を開発できるという柔軟性が、色彩の豊かさを生んでいるのである。

【0009】

これらの観点から、有機発光素子の最も大きな応用分野は、フルカラーのフラットパネルディスプレイであると言っても過言ではない。有機発光素子の特徴を考慮し、様々なフルカラー化の手法が考案されているが、現在、有機発光素子を用いてフルカラーの表示装置を作製する構成として、三つの主流が上げられる。

【0010】

一つ目は、光の三原色である赤色、緑色、青色のそれぞれの発光色を呈する有機発光素子を、シャドウマスク技術を用いて塗り分け、それぞれを画素とする手法である（以下、「塗り分け方式」と記す）。二つ目は、青色の有機発光素子を発光源として用い、その青色の光を有機蛍光材料からなる色変換層によって緑色および赤色に変換することで、光の三原色を得る手法である（以下、「CCM方式」と記す）。三つ目は、白色の有機発光素子を発光源として用い、液晶表示装置などで用いられているカラーフィルターを設けることで、光の三原色を得る手法である（以下、「CF方式」と記す）。

【0011】

塗り分け方式は、CCM方式で生じる色変換層での光のロス（変換効率が100%というのは困難である）や、CF方式で生じるカラーフィルターでの光の吸収がないため、最も光の取り出し効率が高い方式であり、その点で魅力的な手法と言える。つまり、自発光型である有機発光素子の特徴を、大きく活かすことができるのである。

【0012】

しかしながら、いくつかの問題点も存在する。例えば、塗り分け時にシャドウマスクを用いるわけだが、画素サイズがさらに精密になったときに、どのように対応するかの問題がある。また、各色の有機発光素子を作製するごとにマスクの位置をずらさねばならず、操作は比較的煩雑であり、あまり生産性はよくない。

【0013】

さらに、より大きな問題としては、特に現在の段階では、赤色、緑色、青色の

各特性（発光効率および素子寿命）がそれぞれ異なっていることが挙げられる。

【0014】

例えば、発光効率に関しては、フルカラー化の際、光の三原色の各色に対する最低要求効率（発光効率のことであり、単位は[lm/W]）が提示されている（文献2：佐藤佳晴、「応用物理学会有機分子・バイオエレクトロニクス分科会会誌」、Vol. 11、No. 1、86-99（2000））。文献2によると、緑色および青色に関しては要求値を上回る報告が数多くなされているのに対し、赤色に関しては要求値を大きく下回っていることがわかる。したがって、現状においては、赤色の発光効率の低さが、塗り分け方式によるフルカラー表示装置に対するネックとなっている。

【0015】

素子寿命（経時的な輝度の低下）に関しては、各色の有機発光素子において完全に一致することはまれである。このことは、時間がたつにつれて光の三原色の色バランスが崩れ、ひいては色ずれや輝度ムラなど、ディスプレイにとっての致命的な欠陥に繋がる可能性があることを示唆している。

【0016】

一方、CCM方式やCF方式においては、多少の光のロスや吸収があり、光の取り出し効率としてはやや劣るものの、上記のような塗り分け方式で生じうる致命的な問題点は発生しないとメリットがある。

【0017】

まず、用いる有機発光素子は青色（CCF方式）ないしは白色（CF方式）の単色であるため、シャドウマスクによる精緻な塗り分けは必要ない。また、色変換層やカラーフィルターは従来のフォトリソグラフィ技術により作製できるものであり、複雑な工程も入らない。さらに、一種類の素子しか用いないため、輝度の経時変化は均一であり、経時的な色ずれや輝度ムラは一切生じない。

【0018】

このような観点から、比較的高輝度かつ長寿命な青色ないしは白色の有機発光素子を作製することができれば、CCM方式やCF方式は、非常に有効なフルカラー表示装置の構成方法となりうるのである。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、青色有機発光素子や白色有機発光素子において、いくつかの問題点がある。まず、両方に共通している点として、素子寿命が短いことが挙げられる。

【0020】

青色有機発光素子に関して言えば、近年、ジスチリルアリーレン系の青色発光材料が開発され、初期輝度を $100\text{cd/m}^2$ に設定した定電流駆動時の輝度の半減期は、2万時間を達成するなど、飛躍的な進歩が達成された（文献3：明田川正敏、「月刊ディスプレイ別冊 有機ELディスプレイ」、1998年10月別冊号、100-104）。

【0021】

しかしながら、CCM方式によってフルカラー化することを考えると、緑色や赤色を明るく表現する際には、より高輝度の青色発光が必要である（色変換層によるロスがあるため）。有機発光素子は、より輝度が高くなるほど素子寿命は短くなるため、CCM方式を用いる以上、さらなる長寿命化を検討しなければならない。例えば、最も素子寿命の長い緑色発光においては、同様の条件で5万時間が達成されており、このレベルにまで寿命を延ばすことが望ましい。

【0022】

白色有機発光素子の素子寿命に関しては、さらに深刻であると言える。低分子系を用いた白色有機発光素子の場合、一例を除き、初期輝度を $100\text{cd/m}^2$ に設定した定電流駆動時の輝度の半減期は、ほぼ数十時間程度であると報告されている（文献4：岸上泰久、「月刊ディスプレイ」、2000年9月号、20-25）。

【0023】

また、特に白色有機発光素子の場合、その発光効率の低さも指摘されている。白色有機発光素子にカラーフィルターを組み合わせるCF方式では、多くの光がカラーフィルターに吸収されてしまうため、発光効率の低さは致命的である。青色有機発光素子を用いるCCM方式にしても、色変換層による光のロスが存在するのであるから、より高い発光効率が見込まれることは間違いない。

【0024】

そこで本発明では、発光効率が高く、素子寿命の長い青色または白色の有機発光素子を提供することを課題とする。また、このような有機発光素子をCCM方式やCF方式と組み合わせることで、従来よりも発光効率が高く、かつ寿命が長く、さらに生産性のよいフルカラー表示装置を提供することを課題とする。

【0025】

さらに、前記表示装置を用いて電気器具を作製することにより、従来よりも低消費電力で長保ちする上に、コストの安い電気器具を提供することを課題とする。

【0026】

【課題を解決するための手段】

ところで、文献1において示された有機発光素子の基本的な構成であるが、まず、有機化合物膜に対するキャリア注入障壁を小さくする方法として、仕事関数が低い上に比較的安定なMg:Ag合金を陰極に用い、電子の注入性を高めている。このことにより、有機化合物膜に大量のキャリアを注入することを可能としている。

【0027】

さらに有機化合物膜として、芳香族ジアミン化合物からなる正孔輸送層とトリス(8-キノリノラト)-アルミニウム(以下、「Alq」と記す)からなる電子輸送性発光層とを積層するという、シングルヘテロ構造を適用することにより、キャリアの再結合効率を飛躍的に向上させている。このことは、以下のように説明される。

【0028】

例えば、Alq単層のみを有する有機発光素子の場合では、Alqが電子輸送性であるため、陰極から注入された電子のほとんどは正孔と再結合せずに陽極に達してしまい、発光の効率は極めて悪い。すなわち、単層の有機発光素子を効率よく発光させる(あるいは低電圧で駆動する)ためには、電子および正孔の両方をバランスよく輸送できる材料(以下、「バイポーラー材料」と記す)を用いる必要があり、Alqはその条件を満たしていない。

## 【0029】

しかし、文献1のようなシングルヘテロ構造を適用すれば、陰極から注入された電子は正孔輸送層と電子輸送性発光層との界面でブロックされ、電子輸送性発光層中へ閉じこめられる。したがって、キャリアの再結合が効率よく電子輸送性発光層で行われ、効率のよい発光に至るのである。

## 【0030】

また、文献1における有機発光素子は、いわば正孔の輸送は正孔輸送層が行い、電子の輸送および発光は電子輸送性発光層が行うという、機能分離が特徴であるとも言える。こういった機能分離の利点としては、機能分離することによって一種類の有機材料に様々な機能（発光性、キャリア輸送性、電極からのキャリア注入性など）を同時に持たせる必要がなくなり、分子設計等に幅広い自由度を持たせることができる点にある（例えば、無理にバイポーラー材料を探索する必要がなくなる）。つまり、発光特性のいい材料、キャリア輸送性が優れる材料などを、各々組み合わせることで、容易に高発光効率が達成できるということである。

## 【0031】

従来の青色有機発光素子や白色発光素子にしても、同様な積層構造を応用した構造である。例えば青色有機発光素子は、文献3で示されるように、正孔輸送層と電子輸送層の間に発光層を挟むというダブルヘテロ構造が基本である。また、白色有機発光素子は、高分子材料の単層膜に色素を分散させる手法を除いた場合、つまり低分子系である場合には、ブロッキング層を用いた積層構造がよく用いられる（文献5：Junji Kido, Masato Kimura, Katsutoshi Nagai, "Multilayer White Light-Emitting Organic Electroluminescent Device", Science, Vol. 267, No. 3, 1332-1334 (1995)）。なお、ブロッキング層とは、最高被占分子軌道（HOMO）と最低空分子軌道（LUMO）とのエネルギー差（以下、「励起エネルギーレベル」と記す）が大きく、正孔ないしは電子の通過、および分子励起子の拡散を防ぐ機能を持つ材料を用いた層のことである。

## 【0032】

しかしながら、以上で述べたような積層構造は異種物質間の接合であるため、

各層間に界面（以下、「有機界面」と記す）が生じることになる。有機界面を形成することに由来する問題点として、有機発光素子の素子寿命に対する影響が考えられる。すなわち、有機界面においてキャリアの移動が妨げられ、チャージが蓄積することによる輝度の低下である。

## 【0033】

この劣化機構に関してははっきりした理論は確立されていないが、陽極と正孔輸送層との間に正孔注入層を挿入し、さらにdc駆動ではなく矩形波のac駆動にすることによって、輝度の低下を抑えることができるという報告がある（文献6：S. A. VanSlyke, C. H. Chen, and C. W. Tang, "Organic electroluminescent devices with improved stability", Applied Physics Letters, Vol. 69, No. 15, 2160-2162(1996)）。このことは、正孔注入層の挿入およびac駆動によって、チャージの蓄積を排除することにより、輝度の低下を抑えることができたという実験的な裏付けと言える。

## 【0034】

また、有機界面においてキャリアの移動が妨げられるのであれば、その分、駆動電圧も上昇してしまう可能性がある。駆動電圧を下げることであれば、発光効率も向上する可能性があるため、発光効率の観点からも重要な問題提起である。

## 【0035】

このような問題点を克服するためには、有機界面においてキャリアの移動が妨げられる理由を考察し、それを改善することが重要となる。そこでまず、本発明者は、有機界面の形成によりキャリアの移動が妨げられるモデルとして、以下に述べるような二つの機構を考えた。

## 【0036】

まず一つの機構として、有機界面のモルフォロジーから生じるものが考えられる。有機発光素子における有機化合物膜は通常、アモルファス状態の膜であり、これは有機化合物の分子同士が、双極子相互作用を主とした分子間力で凝集することにより形成されている。ところが、このような分子の凝集体を用いてヘテロ構造を形成すると、分子のサイズや形状の違いがヘテロ構造の界面（すなわち有

機界面)に大きな影響を及ぼす可能性がある。

【0037】

特に、分子のサイズが大きく異なる材料を用いてヘテロ構造を形成した場合、その有機界面における接合の整合性が悪くなると考えられる。その概念図を図1に示す。図1では、小さい分子101からなる第一の層111と、大きい分子102からなる第二の層112を積層している。この場合、形成される有機界面113において、整合性の悪い領域114が発生してしまう。

【0038】

図1で示した整合性の悪い領域114は、キャリアの移動を妨げるバリア（あるいはエネルギー障壁）となる可能性があるため、駆動電圧の低減へ向けての障害になり、発光効率を低下させることが示唆される。また、エネルギー障壁を越えられないキャリアはチャージとして蓄積してしまい、先に述べたような輝度の低下を誘起してしまう可能性がある。

【0039】

もう一つの機構として、ヘテロ構造を形成する（すなわち有機界面を形成する）工程から生じるものが考えられる。ヘテロ構造の有機発光素子は、各層を形成する際のコンタミネーションを避けるため、通常、図2に示すようなマルチチャンバー方式（インライン方式）の蒸着装置を用いて作製する。

【0040】

図2に示した例は、正孔輸送層・発光層・電子輸送層のダブルヘテロ構造を形成するための蒸着装置の概念図である。まず、搬入室に陽極（インジウム錫酸化物（以下、「ITO」と記す）など）を有する基板を搬入し、まず紫外線照射室において真空雰囲気中で紫外線を照射することにより、陽極表面をクリーニングする。特に陽極がITOのような酸化物である場合、前処理室にて酸化処理を行う。さらに、積層構造の各層を形成するため、蒸着室201で正孔輸送層を、蒸着室202～204で発光層（図2では、赤色、緑色、青色の三色を塗り分ける方式とした）を、蒸着室205で電子輸送層を成膜し、蒸着室206で陰極を蒸着する。最後に、封止室にて封止を行い、搬出室から取り出して有機発光素子を得る。211～216は各蒸着源である。

## 【 0 0 4 1 】

このようなインライン方式の蒸着装置の特色としては、各層の蒸着を、それぞれ異なる蒸着室201～205において蒸着していることである。つまり、各層の材料がほとんど互いに混入しないような装置構成となっている。

## 【 0 0 4 2 】

ところで、蒸着装置の内部は通常  $10^{-4} \sim 10^{-5}$  パスカル程度に減圧されているものの、極微量の気体成分（酸素や水など）は存在している。そして、この程度の真空度の場合、それら極微量の気体成分でも、数秒もあれば容易に単分子レイヤー程度の吸着層を形成してしまうと言われている。

## 【 0 0 4 3 】

したがって、図2のような装置を用いて積層構造の有機発光素子を作製する場合、各層を形成する間に大きなインターバルが生じてしまうことが問題なのである。つまり、各層を形成する間のインターバル、特に第二搬送室を経由して搬送する際などに、極微量の気体成分による吸着層（以下、「不純物層」と記す）を形成してしまう懸念がある。

## 【 0 0 4 4 】

その概念図を図3に示す。図3は、第一の有機化合物301からなる第一の層311と、第二の有機化合物302からなる第二の層312とを積層する際に、その層間に微量の不純物303（水や酸素など）からなる不純物層313が形成されている様子である。

## 【 0 0 4 5 】

このようにして各層間（すなわち有機界面）に形成されてしまう不純物層は、有機発光素子の完成後、キャリアをトラップする不純物領域となってキャリアの移動を妨げるため、やはり駆動電圧を上昇させ、発光効率を低下させてしまう可能性がある。さらに、キャリアをトラップする不純物領域が存在すると、そこにはチャージが蓄積することになるため、先に述べたような輝度の低下を誘起してしまう可能性がある。

## 【 0 0 4 6 】

そこで本発明者は、上述の有機界面で生じる問題点（有機界面のモルフォロジ



一悪化および不純物層の形成)を解決するため、図4に示すような接合構造を考案した。

## 【0047】

図4は、小さい分子401からなる領域411と、大きい分子402からなる領域412と、小さい分子401および大きい分子402の両方を含む混合領域413と、からなる有機化合物膜の断面である。図4から明らかなように、図1で存在していたような有機界面113は存在せず、整合性の悪い領域114も存在しない。したがって、有機界面のモルフォロジー悪化については解決される。

## 【0048】

また、不純物層の形成の解決であるが、これは単純明快である。図4のような接合構造を作製する場合、小さい分子401からなる領域411を蒸着し、途中からそれに加えて大きい分子402を共蒸着の形で蒸着することで混合領域413を形成し、混合領域413を形成後は、小さい分子401の蒸着を止めることで大きい分子402のみを蒸着する。つまり、有機界面を形成することなく常に材料を蒸着している状態になる。したがって、図2のような蒸着装置を用いて有機発光素子を作製する際に生じる、インターバルが存在しない。つまり、不純物層を形成する隙を与えないのである。

## 【0049】

このような接合構造を適用すれば、有機界面を形成することがないためキャリアの移動が潤滑であり、発光効率および素子の寿命に悪影響を及ぼすことがなくなる。さらに、従来の積層構造と同様に、機能分離はなされている。

## 【0050】

また、従来の積層構造が異種物質間の単なる接合(hetero-junction)であるのに対し、本発明の接合構造はいわば混合接合(mixed-junction)であり、新しい概念に基づく有機発光素子の可能性を開くことができる。

## 【0051】

そこで、本発明者はさらに、このような思想を適用することで、積層構造における有機界面を実質的に排除すると同時に、なおかつキャリア輸送や発光などの機能を発現させることが可能な、青色ないしは白色有機発光素子を実現する手法

を考案した。

【 0 0 5 2 】

まず、青色有機発光素子において、ダブルヘテロ構造を元に混合接合を導入した素子の概念図を図5に示す。なお、ここでは基板500上に陽極501を設けてあるが、陰極503の方を基板上に設ける逆の構造をとってもよい。502は有機化合物膜である。

【 0 0 5 3 】

図5(a)の素子は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域504、青色発光材料からなる発光領域505、電子輸送材料からなる電子輸送領域506が設けられているが、さらに、本発明の特徴として、正孔輸送材料および青色発光材料が混合された第一の混合領域507と、電子輸送材料および青色発光材料が混合された第二の混合領域508と、を設けている（請求項1）。

【 0 0 5 4 】

また、図5(b)の素子では、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域514、ホスト材料に青色発光材料519をドープした発光領域515、電子輸送材料からなる電子輸送領域516が設けられているが、さらに、本発明の特徴として、正孔輸送材料および青色発光材料が混合された第一の混合領域517と、電子輸送材料および青色発光材料が混合された第二の混合領域518と、を設けている（請求項2）。

【 0 0 5 5 】

次に、白色有機発光素子において、ダブルヘテロ構造を元に混合接合を導入した素子の概念図を図6に示す。なお、ここでは基板500上に陽極501を設けてあるが、陰極503の方を基板上に設ける逆の構造をとってもよい。502は有機化合物膜である。

【 0 0 5 6 】

図6(a)の素子は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域504、青色発光材料からなる領域505、電子輸送材料からなる電子輸送領域506が設けられているが、さらに、本発明の特徴として、正孔輸送材料および青色発光材料が混合された第一の混合領域507と、電子輸送材料および青色発光材料が混合された第二の混合領域508と、を設けている。また、白色発光させるため、青色よりも長い波長の発光を

呈する第二の発光材料601を、青色発光材料からなる領域505に添加してある（請求項3）。第二の発光材料601の発光色としては、実質的には黄色～橙色程度が好ましい。

## 【0057】

なお、第二の発光材料601は、青色発光材料からなる領域505の全体ではなく、一部に添加していることが望ましい（請求項4）。なぜならば、青色発光材料による青色発光も同時に取り出すことができなければ、白色にならないためである。

## 【0058】

また、図6(a)とはことなり、混合領域507ないしは508に、第二の発光材料601を添加することも考えられる（請求項5）。その例として、図6(b)では、第一の混合領域507に添加した例を示した。

## 【0059】

さらに、ダブルヘテロ構造を元に混合接合を導入した白色有機発光素子としては、青色発光材料の他に、青色よりも長い波長の発光を呈する第二の発光材料と、第二の発光材料よりも長い波長の光を呈する第三の発光材料を、ドーパントとして添加する手法もある（請求項6）。光の三原色を考慮し、第二の発光材料は緑色、第三の発光材料は赤色であることが好ましい。

## 【0060】

この場合、第二の発光材料および第三の発光材料は、それぞれ別の混合領域（すなわち、第一の混合領域と第二の混合領域）に添加されていることが望ましい（請求項7および請求項8）。図7では、第二の発光材料701を第一の混合領域507に、第三の発光材料702を第二の混合領域508に、それぞれ添加した請求項7の例を図示した。

## 【0061】

ここまでは、ダブルヘテロ構造に混合接合を導入した素子構造であったが、次に、シングルヘテロ構造に混合接合を導入した素子構造について説明する。まず、青色有機発光素子において、シングルヘテロ構造に混合接合を導入した素子の概念図を図8に示す。なお、ここでは基板800上に陽極801を設けてあるが、陰極

803の方を基板上に設ける逆の構造をとってもよい。802は有機化合物膜である。

【0062】

図8(a)の素子は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域804、電子輸送材料からなる電子輸送領域805が設けられているが、さらに、本発明の特徴として、正孔輸送材料および電子輸送材料が混合された混合領域806を設けており、正孔輸送材料か電子輸送材料のいずれかが青色発光を呈するものである（請求項9）。

【0063】

また、図8(b)の素子では、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域804、電子輸送材料からなる電子輸送領域805が設けられているが、さらに、本発明の特徴として、正孔輸送材料および電子輸送材料が混合された混合領域806を設けており、青色発光材料807が混合領域806に添加されているものである（請求項10）。

【0064】

次に、白色有機発光素子において、シングルヘテロ構造に混合接合を導入した素子の概念図を図9に示す。なお、ここでは基板800上に陽極801を設けてあるが、陰極803の方を基板上に設ける逆の構造をとってもよい。802は有機化合物膜である。

【0065】

図9(a)の素子は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域804、電子輸送材料からなる電子輸送領域805が設けられているが、さらに、本発明の特徴として、正孔輸送材料および電子輸送材料が混合された混合領域806を設けており、正孔輸送材料か電子輸送材料のいずれかが青色発光を呈する。また、白色発光させるため、青色よりも長い波長の発光を呈する第二の発光材料901を、混合領域806に添加してある（請求項11）。第二の発光材料901の発光色としては、実質的には黄色～橙色程度が好ましい。

【0066】

なお、第二の発光材料901は、青色発光材料からなる領域806の全体ではなく、一部に添加していることが望ましい（請求項12）。なぜならば、青色発光材料による青色発光も同時に取り出すことができなければ、白色にならないためである。

## 【 0 0 6 7 】

また、図 9 (a) とはことなり、正孔輸送領域 804 ないしは電子輸送領域 805 に、第二の発光材料 901 を添加することもある（請求項 1 3）。その例として、図 9 (b) では、電子輸送領域 805 に添加した例を示した。

## 【 0 0 6 8 】

さらに、シングルヘテロ構造に混合接合を導入した白色有機発光素子としては、青色発光材料の他に、青色よりも長い波長の発光を呈する第二の発光材料と、第二の発光材料よりも長い波長の光を呈する第三の発光材料を、ドーパントとして添加する手法もある（請求項 1 4）。光の三原色を考慮し、第二の発光材料は緑色、第三の発光材料は赤色であることが好ましい。

## 【 0 0 6 9 】

この場合、第二の発光材料および第三の発光材料は、それぞれ別のキャリア輸送領域（すなわち、正孔輸送領域と電子輸送領域）に添加されていることが望ましい（請求項 1 5 および請求項 1 6）。図 1 0 では、第二の発光材料 1001 を正孔輸送領域 804 に、第三の発光材料 1002 を電子輸送領域 805 に、それぞれ添加した請求項 1 5 の例を図示した。

## 【 0 0 7 0 】

なお、ここまででは図示していないが、陽極と有機化合物膜との間に、正孔の注入性を高める材料（以下、「正孔注入材料」と記す）からなる正孔注入領域を挿入してもよい。あるいは、陰極と有機化合物膜との間に、電子の注入性を高める材料（以下、「電子注入材料」と記す）からなる電子注入領域を挿入してもよい。

## 【 0 0 7 1 】

この場合、正孔注入材料または電子注入材料は、電極から有機化合物膜へのキャリア注入障壁を小さくするための材料であるため、電極から有機化合物膜へのキャリアの移動を潤滑にし、チャージの蓄積を排除できる効果がある。ただし、先に述べたような不純物層の形成を避ける観点から、各注入材料と有機化合物膜との間には、インターバルをおかずに成膜することが好ましい。

## 【 0 0 7 2 】

以上で述べたような青色ないしは白色の有機発光素子は、高い発光効率と、長い素子寿命を達成しうる。したがって、このような有機発光素子をCCM方式やCF方式と組み合わせることで、従来よりも発光効率が高く、かつ寿命が長く、さらに生産性のよいフルカラー表示装置を達成することができる。

## 【 0 0 7 3 】

## 【発明の実施の形態】

以下では、本発明を実施する際の形態について述べる。なお、有機発光素子は、発光を取り出すために少なくとも陽極または陰極の一方が透明であればよいが、本実施の形態では、基板上に透明な陽極を形成し、陽極から光を取り出す素子構造で記述する。実際は、陰極から光を取り出す構造や、基板とは逆側から光を取り出す構造も本発明に適用可能である。

## 【 0 0 7 4 】

本発明を実施するに当たり、不純物層の形成を防ぐため、有機発光素子を作製する製造工程が重要になる。そこでまず、本発明で開示する有機発光素子の製造方法について述べる。

## 【 0 0 7 5 】

図 1 1 (a) は、蒸着装置の上面図であるが、蒸着室として一つの真空槽 1110 を設置し、その真空槽内に複数の蒸着源を設けてある、シングルチャンバー方式である。そして、正孔注入材料、正孔輸送材料、電子輸送材料、電子注入材料、ブロッキング材料、発光材料、陰極の構成材料など、各種機能の異なる材料が、それぞれ前記複数の蒸着源に別々に収納されている。

## 【 0 0 7 6 】

このような蒸着室を有する蒸着装置においては、まず、搬入室に陽極（ITO など）を有する基板を搬入し、陽極が ITO のような酸化物である場合、前処理室にて酸化処理を行う（なお、図 1 1 (a) では図示していないが、陽極表面をクリーニングするために紫外線照射室を設置することも可能である）。さらに、有機発光素子を形成する全ての材料は、真空槽 1110 内において蒸着される。ただし陰極は、この真空槽 1110 内で形成してもよいし、別に蒸着室を設けてそこで陰極を形成してもよい。要は、陰極を形成するまでの間を、一つの真空槽 1110 内で蒸着す

ればよい。最後に、封止室にて封止を行い、搬出室から取り出して有機発光素子を得る。

## 【 0 0 7 7 】

このようなシングルチャンバー方式の蒸着装置を用いて本発明の有機発光素子を作製する手順を、図 1 1 (b) (真空槽 1110 の断面図) を用いて説明する。図 1 1 (b) では、簡単な例として、三つの蒸着源 (有機化合物蒸着源 a1116、有機化合物蒸着源 b1117 および有機化合物蒸着源 c1118) を有する真空槽 1110 を用い、正孔輸送材料 1121、電子輸送材料 1122 および青色発光材料 1123 を含む有機化合物膜 (図 5 (a) で示した有機化合物膜 502) を形成する過程を示す。

## 【 0 0 7 8 】

まず、真空槽 1110 内に、陽極 1102 を有する基板 1101 を搬入し、固定台 1111 にて固定する (蒸着時には通常、基板は回転させる)。次に、真空槽 1110 内を減圧 ( $10^{-4}$  パスカ以下が好ましい) した後、容器 a1112 を加熱し、正孔輸送材料 1121 を蒸発させ、所定の蒸着レート (単位: [Å/s]) に達してからシャッター a1114 を開け、蒸着を開始する。

## 【 0 0 7 9 】

正孔輸送領域 1103 が所定の厚さに達したあと、正孔輸送材料 1121 を蒸発させたまま青色発光材料 1123 の蒸着も開始し、第一の混合領域 1105 を形成する (図 1 1 (b) で示した状態)。次に、シャッター a1114 を完全に閉じて正孔輸送材料 1121 の蒸着を終了し、青色発光材料 1123 からなる発光領域を形成する。この時、シャッター b1115 を閉じたまま、容器 b1113 も加熱しておく。

## 【 0 0 8 0 】

発光領域が所定の厚さに達したあと、シャッター b1115 を開いて電子輸送材料 1122 の蒸着を開始し、第二の混合領域を形成する。最後に、青色発光材料 1123 の蒸着を終了し、電子輸送材料 1122 からなる電子輸送領域を形成する。以上の操作は、全てインターバルをおかずに行っているため、いずれの領域においても不純物層が混入しない。

## 【 0 0 8 1 】

この方法を応用すれば、課題を解決するための手段で述べた有機発光素子は、

全て作製可能である。例えば、青色発光材料をゲストとし、その青色発光材料に対するホスト材料を用いる図5(b)のような素子の場合、図11(b)に加え、ホスト材料を蒸着するための蒸着源を設置すればよい。そして、ホスト材料は混合領域および発光領域の形成に用い、発光材料はホスト材料の蒸着中（発光領域の形成中）に、微量蒸発させて添加させればよいのである。

## 【0082】

また、正孔注入領域または電子注入領域を形成する場合でも、各注入材料の蒸着源を同一の真空槽1110内に設置すればよい。例えば図11(b)において、陽極1102と正孔輸送領域1103との間に、正孔注入領域を蒸着にて設ける場合は、陽極1102上に正孔注入材料を蒸着した後、インターバルをおかずにすぐ正孔輸送材料1121を蒸発させることで、不純物層の形成を避けることができる。

## 【0083】

次に、正孔注入材料、正孔輸送材料、電子輸送材料、電子注入材料、発光材料などに好適な材料を以下に列挙する。ただし、本発明の有機発光素子に用いる材料は、これらに限定されない。

## 【0084】

正孔注入材料としては、有機化合物であればポルフィリン系の化合物が有効であり、フタロシアニン（以下、「 $H_2Pc$ 」と記す）、銅フタロシアニン（以下、「 $CuPc$ 」と記す）がよく用いられる。高分子化合物では、ポリビニルカルバゾール（以下、「PVK」と記す）などがあるが、共役系の導電性高分子化合物に化学ドーピングを施した材料もあり、ポリスチレンスルホン酸（以下、「PSS」と記す）をドーブしたポリエチレンジオキシチオフェン（以下、「PEDOT」と記す）や、ヨウ素などのルイス酸をドーブしたポリアニリン、ポリピロールなどが挙げられる。また、絶縁体の高分子化合物も陽極の平坦化の点で有効であり、ポリイミド（以下、「PI」と記す）がよく用いられる。さらに、無機化合物も用いられ、金や白金などの金属薄膜の他、酸化アルミニウム（以下、「アルミナ」と記す）の超薄膜などがある。

## 【0085】

正孔輸送材料として最も広く用いられているのは、芳香族アミン系（すなわち



、ベンゼン環-窒素の結合を有するもの)の化合物である。広く用いられている材料として、4, 4'-ビス(ジフェニルアミノ)-ビフェニル(以下、「TAD」と記す)や、その誘導体である4, 4'-ビス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニル-アミノ]-ビフェニル(以下、「TPD」と記す)、4, 4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニル-アミノ]-ビフェニル(以下、「 $\alpha$ -NPD」と記す)がある。4, 4', 4''-トリス(N, N-ジフェニル-アミノ)-トリフェニルアミン(以下、「TDATA」と記す)、4, 4', 4''-トリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニル-アミノ]-トリフェニルアミン(以下、「MTDATA」と記す)などのスターバースト型芳香族アミン化合物が挙げられる。

## 【0086】

電子輸送材料としては、金属錯体がよく用いられ、先に述べたAlq、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(以下、「Almq」と記す)、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]-キノリナト)ベリリウム(以下、「Bebq」と記す)などのキノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体や、混合配位子錯体であるビス(2-メチル-8-キノリノラト)-(4-ヒドロキシ-ビフェニル)-アルミニウム(以下、「BA1q」と記す)などがある。また、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-ベンゾオキサゾラト]亜鉛(以下、「Zn(BOX)<sub>2</sub>」)と記す)、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-ベンゾチアゾラト]亜鉛(以下、「Zn(BTZ)<sub>2</sub>」)と記す)などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体もある。さらに、金属錯体以外にも、2-(4-ビフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1, 3, 4-オキサジアゾール(以下、「PBD」と記す)、1, 3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1, 3, 4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(以下、「OXD-7」と記す)などのオキサジアゾール誘導体、3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-フェニル-5-(4-ビフェニル)-1, 2, 4-トリアゾール(以下、「TAZ」と記す)、3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-(4-エチルフェニル)-5-(4-ビフェニル)-1, 2, 4-トリアゾール(以下、「p-EtTAZ」と記す)などのトリアゾール誘導体、パソフェナントロリン(以下、「BPhen」と記す)などの

す)・バソキュプロイン(以下、「BCP」と記す)などのフェナントロリン誘導体が電子輸送性を有する。

## 【0087】

電子注入材料としては、上で述べた電子輸送材料を用いることができる。その他に、フッ化リチウムなどのアルカリ金属ハロゲン化物や、酸化リチウムなどのアルカリ金属酸化物のような絶縁体の、超薄膜がよく用いられる。また、リチウムアセチルアセトネート(以下、「Li(acac)」と記す)や8-キノリノラトリウム(以下、「Li<sub>q</sub>」と記す)などのアルカリ金属錯体も有効である。

## 【0088】

発光材料としては、先に述べたAlq、Almq、BeBq、BAIq、Zn(BOX)<sub>2</sub>、Zn(BTZ)<sub>2</sub>などの金属錯体の他、各種蛍光色素が有効である。蛍光色素としては、青色の4,4'-ビス(2,2-ジフェニル-ビニル)-ビフェニル(以下、「DPVBi」と記す)や、赤橙色の4-(ジシアノメチレン)-2-メチル-6-(p-ジメチルアミノスチリル)-4H-ピラン(以下、「DCM」と記す)などがある。また、三重項発光材料も可能であり、白金ないしはイリジウムを中心金属とする錯体が主体である。三重項発光材料として、トリス(2-フェニルピリジン)イリジウム(以下、「Ir(ppy)<sub>3</sub>」と記す)、2,3,7,8,12,13,17,18-オクタエチル-21H,23H-ポルフィリン-白金(以下、「PtOEP」と記す)などが知られている。

## 【0089】

以上で述べたような各機能を有する材料を、各々組み合わせ、本発明の有機発光素子に適用することにより、従来よりも発光効率が高い上に素子の寿命が長い有機発光素子を作製することができる。

## 【0090】

このような有機発光素子を用いてフルカラーの表示装置を作製する場合の、装置構成の概略を図12に示す。図12(a)は青色有機発光素子に色変換層を組み合わせたCCM方式であり、図12(b)は白色有機発光素子にカラーフィルターを組み合わせたCF方式である。なお、図12(a)において、B→Bの色変換層は、あってもなくてもよい。

## 【 0 0 9 1 】

色変換層1215およびカラーフィルター1205a～1205cは、公知の技術であるフォトリソグラフィ技術を用いて、基板上に容易にパターニングすることが可能である。したがって、これを用いてフルカラー表示装置を作製すればよい。

## 【 0 0 9 2 】

## 【実施例】

## [実施例 1]

本実施例では、図 5 (a)で示した青色有機発光素子において、陽極501と有機化合物膜502との間に正孔注入領域を挿入した構造の素子を、具体的に例示する。

## 【 0 0 9 3 】

まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極501を形成したガラス基板500を用意する。この陽極501を有するガラス基板500を、図 1 1 において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、5種類の材料（4種類は有機化合物であり、1種類は陰極となる金属）を蒸着するため、5つの蒸着源が必要となる。

## 【 0 0 9 4 】

まず、正孔注入材料としてMTDATAを20nm蒸着し、正孔注入領域を形成するが、20nmに達してMTDATAの蒸着を終えると同時に、インターバルをおかずに、正孔輸送材料であるTADのスピロ2量体（以下、「S-TAD」と記す）の蒸着を3 Å/sの蒸着レートで開始する。インターバルをおかない理由は、先に述べたように、不純物層の形成を防ぐためである。

## 【 0 0 9 5 】

次に、S-TADのみからなる正孔輸送領域504を、3 Å/s の蒸着レートにて20nm形成したあと、その蒸着レートは固定したまま、発光材料であるDPVBiのスピロ2量体（以下、「S-DPVBi」と記す）の蒸着も3 Å/sにて開始する。すなわち、S-TADとS-DPVBiの比率が1 : 1となるような第一の混合領域507を、共蒸着にて形成することになる。厚さは10nmとする。

## 【 0 0 9 6 】

第一の混合領域507を形成後、S-TADの蒸着は終了し、引き続きS-DPVBiの蒸

着を続けることによって発光領域505を形成する。厚さは20nmとする。さらに、引き続きS-DPVB<sub>i</sub>の蒸着を続けたまま、電子輸送材料であるAlqの蒸着を3 Å/sの蒸着レートで開始する。すなわち、S-DPVB<sub>i</sub>とAlqの比率が1 : 1となるような第二の混合領域508を、共蒸着にて形成することになる。厚さは10nmとする。

## 【0097】

第二の混合領域508を形成後、S-DPVB<sub>i</sub>の蒸着は終了し、引き続きAlqの蒸着を続けることによって、40nmの電子輸送領域506を形成する。最後に、陰極503としてイッテルビウムを400nm程度蒸着することにより、S-DPVB<sub>i</sub>に由来する青色発光の有機発光素子を得る。

## 【0098】

## [実施例2]

本実施例では、図5(b)で示した青色有機発光素子において、陰極513と有機化合物膜512との間に電子注入領域を挿入した構造の素子を、具体的に例示する。

## 【0099】

まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極511を形成したガラス基板510を用意する。この陽極511を有するガラス基板510を、図11において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、6種類の材料（5種類は有機化合物であり、1種類は陰極となる金属）を蒸着するため、6つの蒸着源が必要となる。

## 【0100】

まず、TPDのみからなる正孔輸送領域514を30nm形成した後、TPDの蒸着レートは3 Å/sに固定したまま、発光材料に対するホスト材料として、BAIqの蒸着も3 Å/sにて開始する。すなわち、TPDとAlqの比率が1 : 1となるような第一の混合領域517を、共蒸着にて形成することになる。厚さは10nmとする。

## 【0101】

第一の混合領域517を形成後、TPDの蒸着は終了し、引き続きBAIqの蒸着を続けることによって発光領域515を形成する。厚さは20nmとする。この時、発光領域515に対し、発光材料519として青色蛍光色素であるペリレンを5wt%添加しておく。

## 【 0 1 0 2 】

発光領域515を形成後、ペリレンの蒸着は終了するが、引き続きBAIqの蒸着は続けたまま、電子輸送材料であるAlqの蒸着を3 Å/sの蒸着レートで開始する。すなわち、BAIqとAlqの比率が1 : 1となるような第二の混合領域518を、共蒸着にて形成することになる。厚さは10nmとする。

## 【 0 1 0 3 】

第二の混合領域518を形成後、BAIqの蒸着は終了し、引き続きAlqの蒸着を続けることによって、30nmの電子輸送領域516を形成する。さらに、電子注入材料として、Li(acac)を2nm成膜し、電子注入領域とする。

## 【 0 1 0 4 】

最後に、陰極としてAlを150nm程度蒸着することにより、ペリレンに由来する青色発光の有機発光素子を得る。

## 【実施例3】

本実施例では、図6(a)で示した白色有機発光素子を、具体的に例示する。

## 【 0 1 0 5 】

まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極501を形成したガラス基板500を用意する。この陽極501を有するガラス基板500を、図11において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、5種類の材料（4種類は有機化合物であり、1種類は陰極となる金属）を蒸着するため、5つの蒸着源が必要となる。

## 【 0 1 0 6 】

まず、 $\alpha$ -NPDのみからなる正孔輸送領域504を30nm形成した後、 $\alpha$ -NPDの蒸着レートは3 Å/sに固定したまま、青色発光材料として、 $\text{Zn}(\text{BTZ})_2$ （実際は、白色に近い青白色）の蒸着も3 Å/sにて開始する。すなわち、 $\alpha$ -NPDと $\text{Zn}(\text{BTZ})_2$ の比率が1 : 1となるような第一の混合領域507を、共蒸着にて形成することになる。厚さは10nmとする。

## 【 0 1 0 7 】

第一の混合領域507を形成後、 $\alpha$ -NPDの蒸着は終了し、引き続き $\text{Zn}(\text{BTZ})_2$ の蒸着を続けることによって発光領域505を形成する。厚さは20nmとする。この時、

発光領域505における最後の10nm（すなわち、発光領域20nmのうち、10nm～20nmの間）において、第二の発光材料601として赤橙色蛍光色素であるDCMを0.5wt%添加しておく。

## 【0108】

発光領域505を形成後、DCMの蒸着は終了するが、引き続き $\text{Zn}(\text{BTZ})_2$ の蒸着は続けたまま、電子輸送材料であるBAIqの蒸着を3 Å/sの蒸着レートで開始する。すなわち、 $\text{Zn}(\text{BTZ})_2$ とBAIqの比率が1 : 1となるような第二の混合領域508を、共蒸着にて形成することになる。厚さは10nmとする。

## 【0109】

第二の混合領域508を形成後、 $\text{Zn}(\text{BTZ})_2$ の蒸着は終了し、引き続きBAIqの蒸着を続けることによって、30nmの電子輸送領域506を形成する。最後に、陰極としてAl : Li合金を150nm程度蒸着することにより、白色発光の有機発光素子を得る。

## 【0110】

## [実施例4]

本実施例では、図7で示した白色有機発光素子を、具体的に例示する。

## 【0111】

まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極501を形成したガラス基板500を用意する。この陽極501を有するガラス基板500を、図11において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、6種類の材料（5種類は有機化合物であり、1種類は陰極となる金属）を蒸着するため、6つの蒸着源が必要となる。

## 【0112】

まず、 $\alpha$ -NPDのみからなる正孔輸送領域504を30nm形成したあと、 $\alpha$ -NPDの蒸着レートは3 Å/sに固定したまま、青色発光材料として、S-DPVBiの蒸着も3 Å/sにて開始する。すなわち、 $\alpha$ -NPDとS-DPVBiの比率が1 : 1となるような第一の混合領域507を、共蒸着にて形成することになる。厚さは10nmとする。ただしこの時、第二の発光材料701として、緑色蛍光色素であるN, N'-ジメチルキナクリドン（以下、「DMq」と記す）を0.1wt%添加しておく。

## 【 0 1 1 3 】

第一の混合領域507を形成後、 $\alpha$ -NPDの蒸着は終了し、引き続きS-DPVBiの蒸着を続けることによって発光領域505を形成する。厚さは20nmとする。さらに引き続きのS-DPVBi蒸着は続けたまま、電子輸送材料であるAlqの蒸着を3 Å/sの蒸着レートで開始する。すなわち、S-DPVBiとAlqの比率が1 : 1となるような第二の混合領域508を、共蒸着にて形成することになる。厚さは10nmとする。ただしこの時、第三の発光材料702として、赤橙色蛍光色素であるDCMを0.5wt%添加しておく。

## 【 0 1 1 4 】

第二の混合領域508を形成後、S-DPVBiの蒸着は終了し、引き続きAlqの蒸着を続けることによって、30nmの電子輸送領域506を形成する。最後に、陰極としてAl : Li合金を150nm程度蒸着することにより、白色発光の有機発光素子を得る。

## 【 0 1 1 5 】

## [実施例 5]

本実施例では、図 8 (a)で示した青色有機発光素子において、陰極803と有機化合物膜802との間に電子注入領域を挿入した構造の素子を、具体的に例示する。

## 【 0 1 1 6 】

まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極801を形成したガラス基板800を用意する。この陽極801を有するガラス基板800を、図 1 1 において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、4種類の材料（3種類は有機化合物であり、1種類は陰極となる金属）を蒸着するため、4つの蒸着源が必要となる。

## 【 0 1 1 7 】

まず、 $\alpha$ -NPDのみからなる正孔輸送領域804を、3 Å/s の蒸着レートにて40nm形成したあと、その蒸着レートは固定したまま、電子輸送材料であるBCPの蒸着も3 Å/sにて開始する。すなわち、 $\alpha$ -NPDとBCPの比率が1 : 1となるような混合領域806を、共蒸着にて形成することになる。厚さは20nmとする。

## 【 0 1 1 8 】

混合領域806を形成後、 $\alpha$ -NPDの蒸着は終了し、引き続きBCPの蒸着を続ける

ことによって、20nmの電子輸送領域805を形成する。さらに、インターバルをおかずに、電子注入材料であるAlqの蒸着を開始し、40nmの電子注入領域を形成する。

## 【0119】

最後に、陰極803としてAl:Li合金を150nm程度蒸着することにより、 $\alpha$ -NPDに由来する青色発光の有機発光素子を得る。なお、混合領域806に対し、ペリレンのような青色蛍光色素を添加すれば、図8(b)のような形態が可能である。

## 【0120】

## [実施例6]

本実施例では、図9(b)で示した白色有機発光素子を、具体的に例示する。

## 【0121】

まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極801を形成したガラス基板800を用意する。この陽極801を有するガラス基板800を、図11において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、4種類の材料（3種類は有機化合物であり、1種類は陰極となる金属）を蒸着するため、4つの蒸着源が必要となる。

## 【0122】

まず、 $\alpha$ -NPDのみからなる正孔輸送領域804を、3 Å/s の蒸着レートにて40nm形成したあと、その蒸着レートは固定したまま、電子輸送材料であるBAIqの蒸着も3 Å/sにて開始する。すなわち、 $\alpha$ -NPDとBAIqの比率が1:1となるような混合領域806を、共蒸着にて形成することになる。厚さは20nmとする。

## 【0123】

混合領域806を形成後、 $\alpha$ -NPDの蒸着は終了し、引き続きBAIqの蒸着を続けることによって、40nmの電子輸送領域805を形成する。この時、電子輸送領域805における最初の10nm（すなわち電子輸送領域40nmのうち、0nm~10nmの間）において、第二の発光材料901として黄色蛍光色素であるルブレンを0.5wt%添加しておく。

## 【0124】

最後に、陰極803としてAl:Li合金を150nm程度蒸着することにより、白色発光



の有機発光素子を得る。

【0125】

〔実施例7〕

本実施例では、図10で示した白色有機発光素子を、具体的に例示する。

【0126】

まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極801を形成したガラス基板800を用意する。この陽極801を有するガラス基板800を、図11において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、5種類の材料（4種類は有機化合物であり、1種類は陰極となる金属）を蒸着するため、5つの蒸着源が必要となる。

【0127】

まず、 $\alpha$ -NPDのみからなる正孔輸送領域804を、3 Å/s の蒸着レートにて40nm形成するが、正孔輸送領域804における最後の10nm（すなわち正孔輸送領域40nmのうち、30nm～40nmの間）において、第二の発光材料1001として緑色蛍光色素であるDMqを0.1wt%添加しておく。

【0128】

次に、正孔輸送領域804を形成後、 $\alpha$ -NPDの蒸着レートは固定したまま、電子輸送材料であるBAIqの蒸着も3 Å/sにて開始する。すなわち、 $\alpha$ -NPDとBAIqの比率が1：1となるような混合領域806を、共蒸着にて形成することになる。厚さは30nmとする。

【0129】

混合領域806を形成後、 $\alpha$ -NPDの蒸着は終了し、引き続きBAIqの蒸着を続けることによって、40nmの電子輸送領域805を形成する。この時、電子輸送領域805における最初の10nm（すなわち電子輸送領域40nmのうち、0nm～10nmの間）において、第三の発光材料1002として赤橙色蛍光色素であるDCMを0.5wt%添加しておく。

【0130】

最後に、陰極803としてAl：Li合金を150nm程度蒸着することにより、白色発光の有機発光素子を得る。

## 【 0 1 3 1 】

## 〔実施例 8〕

本実施例では、本発明で開示した有機発光素子を含む表示装置について説明する。図 1 3 は、本発明の有機発光素子を用いたアクティブマトリクス型表示装置の断面図である。

## 【 0 1 3 2 】

なお、能動素子としてここでは薄膜トランジスタ（以下、「TFT」と記す）を用いているが、MOSトランジスタを用いてもよい。また、TFTとしてトップゲート型TFT（具体的にはプレーナ型TFT）を例示するが、ボトムゲート型TFT（典型的には逆スタガ型TFT）を用いることもできる。

## 【 0 1 3 3 】

図 1 3 (a)において、1301は基板であり、ここでは基板側から光を取り出すため、可視光を透過する基板を用いる。具体的には、ガラス基板、石英基板、結晶化ガラス基板もしくはプラスチック基板（プラスチックフィルムを含む）を用いればよい。なお、基板1301とは、表面に設けた絶縁膜も含めるものとする。

## 【 0 1 3 4 】

基板1301の上には画素部1311および駆動回路1312が設けられている。まず、画素部1311について説明する。

## 【 0 1 3 5 】

画素部1311は画像表示を行う領域である。基板上には複数の画素が存在し、各画素には有機発光素子に流れる電流を制御するためのTFT（以下、「電流制御TFT」と記す）1302、画素電極（陽極）1303、本発明で開示した有機化合物膜1304および陰極1305が設けられている。なお、図 1 3 (a)では電流制御TFTしか図示していないが、電流制御TFTのゲートに加わる電圧を制御するためのTFT（以下、「スイッチングTFT」と記す）を設けている。

## 【 0 1 3 6 】

電流制御TFT1302は、ここではpチャネル型TFTを用いることが好ましい。nチャネル型TFTとすることも可能であるが、図 1 3 のように有機発光素子の陽極に電流制御TFTを接続する場合は、pチャネル型TFTの方が消費電力を押さえることが

できる。ただし、スイッチングTFTはnチャネル型TFTでもpチャネル型TFTでもよい。

#### 【 0 1 3 7 】

また、電流制御TFT1302のドレインには画素電極1303が電氣的に接続されている。本実施例では、画素電極1303の材料として仕事関数が4.5～5.5eVの導電性材料を用いるため、画素電極1303は有機発光素子の陽極として機能する。画素電極1303として代表的には、酸化インジウム、酸化錫、酸化亜鉛もしくはこれらの化合物（ITOなど）のような、光透過性の材料を用いればよい。画素電極1303の上には有機化合物膜1304が設けられている。

#### 【 0 1 3 8 】

さらに、有機化合物膜1304の上には陰極1305が設けられている。陰極1305の材料としては、仕事関数が2.5～3.5eVの導電性材料を用いることが望ましい。陰極1305として代表的には、アルカリ金属元素もしくはアルカリ度類金属元素を含む導電膜、アルミニウムを含む導電膜、あるいはその導電膜にアルミニウムや銀などを積層したもの、を用いればよい。

#### 【 0 1 3 9 】

また、画素電極1303、有機化合物膜1304、および陰極1305からなる層は、保護膜1306で覆われている。保護膜1306は、有機発光素子を酸素および水から保護するために設けられている。保護膜1306の材料としては、窒化珪素、窒化酸化珪素、酸化アルミニウム、酸化タンタル、もしくは炭素（具体的にはダイヤモンドライクカーボン）を用いる。

#### 【 0 1 4 0 】

1320は、図 1 2 で示したような色変換層ないしはカラーフィルターである。ここでは、基板1301に加工した窪みに形成された例を示す。有機化合物膜1304が青色発光を呈する場合は色変換層を、有機化合物膜1304が白色発光を呈する場合はカラーフィルターを、用いればよい。

#### 【 0 1 4 1 】

次に、駆動回路1312について説明する。駆動回路1312は画素部1311に伝送される信号（ゲート信号およびデータ信号）のタイミングを制御する領域であり、シ

フトレジスタ、バッファ、ラッチ、アナログスイッチ（トランスファゲート）もしくはレベルシフタが設けられている。図 1 3 (a)では、これらの回路の基本単位としてnチャネル型TFT1307およびpチャネル型TFT1308からなるCMOS回路を示している。

## 【 0 1 4 2 】

なお、シフトレジスタ、バッファ、ラッチ、アナログスイッチ（トランスファゲート）もしくはレベルシフタの回路構成は、公知のものでよい。また図 1 3 では、同一の基板上に画素部1311および駆動回路1312を設けているが、駆動回路1312を設けずにICやLSIを電氣的に接続することもできる。

## 【 0 1 4 3 】

また、図 1 3 では電流制御TFT1302に画素電極（陽極）1303が電氣的に接続されているが、陰極が電流制御TFTに接続された構造をとることもできる。その場合、画素電極を陰極1305と同様の材料で形成し、陰極を画素電極（陽極）1303と同様の材料で形成すればよい。その場合、電流制御TFTはnチャネル型TFTとすることが好ましい。

## 【 0 1 4 4 】

ところで、図 1 3 (a)に示した表示装置は、画素電極1303を形成した後に配線1309を形成する工程で作製されたものを示してあるが、この場合、画素電極1303が表面荒れを起こす可能性がある。有機発光素子は電流駆動型の素子であるため、画素電極1303の表面荒れにより、特性が悪くなることも考えられる。

## 【 0 1 4 5 】

そこで、図 1 3 (b)に示すように、配線1309を形成した後に画素電極1303を形成する表示装置も考えられる。この場合、図 1 3 (a)の構造に比べて、画素電極1303からの電流の注入性が向上すると考えられる。

## 【 0 1 4 6 】

また、図 1 3 においては、正テーパー型の土手状構造1310によって、画素部1311に設置されている各画素を分離している。この土手状構造を、例えば逆テーパー型のような構造にすることにより、土手状構造が画素電極に接しない構造をとることもできる。その一例を図 1 4 に示す。

## 【 0 1 4 7 】

図 1 4 では、配線を利用して分離部を兼ねた、配線および分離部 1410 を設けた。図 1 4 で示されるような配線および分離部 1410 の形状（ひさしのある構造）は、配線を構成する金属と、前記金属よりもエッチレートの低い材料（例えば金属窒化物）とを積層し、エッチングすることにより形成することができる。この形状により、画素電極 1403 や配線と、陰極 1405 とが、ショートすることを防ぐことができる。なお、図 1 4 においては、通常のアクティブマトリクス型の表示装置と異なり、画素上の陰極 1405 をストライプ状（パッシブマトリクスの陰極と同様）にする構造になる。

## 【 0 1 4 8 】

次に、図 1 3 (b) に示したアクティブマトリクス型表示装置の外観を図 1 5 に示す。なお、図 1 5 (a) には上面図を示し、図 1 5 (b) には図 1 5 (a) を P-P' で切断した時の断面図を示す。また、図 1 2 の符号を引用する。

## 【 0 1 4 9 】

図 1 5 (a) において、1501 は画素部、1502 はゲート信号側駆動回路、1503 はデータ信号側駆動回路である。また、ゲート信号側駆動回路 1502 およびデータ信号側駆動回路 1503 に伝送される信号は、入力配線 1504 を介して TAB (Tape Automated Bonding) テープ 1505 から入力される。なお、図示しないが、TAB テープ 1505 の代わりに、TAB テープに IC (集積回路) を設けた TCP (Tape Carrier Package) を接続してもよい。

## 【 0 1 5 0 】

このとき、1506 は図 1 3 (b) に示した表示装置の上方に設けられるカバー材であり、樹脂からなるシール材 1507 により接着されている。カバー材 1506 は酸素および水を透過しない材質であれば、いかなるものを用いてもよい。本実施例では、カバー材 1506 は図 1 5 (b) に示すように、プラスチック材 1506a と、前記プラスチック材 1506a の表面および裏面に設けられた炭素膜（具体的にはダイヤモンドライクカーボン膜） 1506b、1506c からなる。

## 【 0 1 5 1 】

さらに、図 1 5 (b) に示すように、シール材 1507 は樹脂からなる封止材 1508 で

覆われ、有機発光素子を完全に密閉空間1509に封入するようになっている。密閉空間1509は不活性ガス（代表的には窒素ガスや希ガス）、樹脂または不活性液体（例えばパーフルオロアルカンに代表される液状のフッ素化炭素）を充填しておけばよい。さらに、吸湿剤や脱酸素剤を設けることも有効である。

## 【 0 1 5 2 】

また、本実施例に示した表示装置の表示面（画像を観測する面）に偏光板をもうけてもよい。この偏光板は、外部から入射した光の反射を押さえ、観測者が表示面に映り込むことを防ぐ効果がある。一般的には、円偏光板が用いられている。ただし、有機化合物膜から発した光が偏光板により反射されて内部に戻ることを防ぐため、屈折率を調節して内部反射の少ない構造とすることが好ましい。

## 【 0 1 5 3 】

なお、本実施例の表示装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

## 【 0 1 5 4 】

## 〔実施例 9〕

本実施例では、本発明で開示した有機発光素子を含む表示装置の例として、アクティブマトリクス型表示装置を例示するが、実施例 8 とは異なり、能動素子が形成されている基板とは反対側から光を取り出す構造（以下、「上方出射」と記す）の表示装置を示す。図 1 6 にその断面図を示す。

## 【 0 1 5 5 】

なお、能動素子としてここでは薄膜トランジスタ（以下、「TFT」と記す）を用いているが、MOSトランジスタを用いてもよい。また、TFTとしてトップゲート型TFT（具体的にはプレーナ型TFT）を例示するが、ボトムゲート型TFT（典型的には逆スタガ型TFT）を用いることもできる。

## 【 0 1 5 6 】

本実施例において、基板1601、画素部に形成された電流制御TFT1602、および駆動回路1612に関しては、実施例 8 と同様の構成でよい。

## 【 0 1 5 7 】

電流制御TFT1602のドレインに接続されている第一電極1603であるが、本実施

例では陽極として用いるため、仕事関数がより大きい導電性材料を用いることが好ましい。その代表例として、ニッケル、パラジウム、タングステン、金、銀などの金属が挙げられる。本実施例では、第一電極1603は光を透過しないことが好ましいが、それに加えて、光の反射性の高い材料を用いることがさらに好ましい。

#### 【 0 1 5 8 】

第一電極1603の上には有機化合物膜1604が設けられている。さらに、有機化合物膜1604の上には第二電極1605が設けられており、本実施例では陰極とする。その場合、第二電極1605の材料としては、仕事関数が2.5~3.5eVの導電性材料を用いることが望ましい。代表的には、アルカリ金属元素もしくはアルカリ度類金属元素を含む導電膜、アルミニウムを含む導電膜、あるいはその導電膜にアルミニウムや銀などを積層したもの、を用いればよい。ただし、本実施例は上方出射であるため、第二電極1605が光透過性であることが大前提である。したがって、これらの金属を用いる場合は、20nm程度の超薄膜であることが好ましい。

#### 【 0 1 5 9 】

また、第一電極1603、有機化合物膜1604、および第二電極1605からなる層は、保護膜1606で覆われている。保護膜1606は、有機発光素子を酸素および水から保護するために設けられている。本実施例では、光を透過するものであればいかなるものを用いてもよい。

#### 【 0 1 6 0 】

なお、図16では電流制御TFT1602に第一電極（陽極）1603が電氣的に接続されているが、陰極が電流制御TFTに接続された構造をとることもできる。その場合、第一電極を陰極の材料で形成し、第二電極を陽極の材料で形成すればよい。このとき、電流制御TFTはnチャネル型TFTとすることが好ましい。

#### 【 0 1 6 1 】

さらに、1607はカバー材であり、樹脂からなるシール材1608により接着されている。カバー材1607は酸素および水を透過しない材質で、かつ、光を透過する材質であればいかなるものを用いてもよい。本実施例ではガラスを用いる。密閉空間1609は不活性ガス（代表的には窒素ガスや希ガス）、樹脂または不活性液体（

例えばパーフルオロアルカンに代表される液状のフッ素化炭素)を充填しておけばよい。さらに、吸湿剤や脱酸素剤を設けることも有効である。

#### 【 0 1 6 2 】

1620は、図 1 2 で示したような色変換層ないしはカラーフィルターである。ここでは、カバー材1607に設けられた例を示す。有機化合物膜1604が青色発光を呈する場合は色変換層を、有機化合物膜1604が白色発光を呈する場合はカラーフィルターを、用いればよい。

#### 【 0 1 6 3 】

また、本実施例においては、実施例 8 に比べて1620と有機化合物膜との距離が大きいため、1620を単にパターンニングしただけでは光が混色してしまう恐れがある（隣の画素における発光が影響してしまう）。そこで本実施例では、ブラックマトリクス1621を設置することにより、隣の画素の光による影響を小さくする手法を適用した。

#### 【 0 1 6 4 】

なお、ゲート信号側駆動回路およびデータ信号側駆動回路に伝送される信号は、入力配線1613を介してTAB (Tape Automated Bonding) テープ1614から入力される。なお、図示しないが、TABテープ1614の代わりに、TABテープにIC (集積回路) を設けたTCP (Tape Carrier Package) を接続してもよい。

#### 【 0 1 6 5 】

また、本実施例に示した表示装置の表示面（画像を観測する面）に偏光板をもうけてもよい。この偏光板は、外部から入射した光の反射を押さえ、観測者が表示面に映り込むことを防ぐ効果がある。一般的には、円偏光板が用いられている。ただし、有機化合物膜から発した光が偏光板により反射されて内部に戻ること防ぐため、屈折率を調節して内部反射の少ない構造とすることが好ましい。

#### 【 0 1 6 6 】

なお、本実施例の表示装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

#### 【 0 1 6 7 】

#### 【実施例 1 0】



本実施例では、本発明で開示した有機発光素子を含む表示装置の例として、パッシブマトリクス型表示装置を例示する。図 1 7 (a)にはその上面図を示し、図 1 7 (b)には図 1 7 (a)をP-P'で切断した時の断面図を示す。

## 【 0 1 6 8 】

図 1 7 (a)において、1701は基板であり、ここではプラスチック材を用いる。プラスチック材としては、ポリイミド、ポリアミド、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、PES（ポリエチレンサルファイド）、PC（ポリカーボネート）、PET（ポリエチレンテレフタレート）もしくはPEN（ポリエチレンナフタレート）を板状、もしくはフィルム上にしたものが使用できる。

## 【 0 1 6 9 】

1702は酸化導電膜からなる走査線（陽極）であり、本実施例では酸化亜鉛に酸化ガリウムを添加した酸化物導電膜を用いる。また、1703は金属膜からなるデータ線（陰極）であり、本実施例ではビスマス膜を用いる。また、1704はアクリル樹脂からなるバンクであり、データ線1703を分断するための隔壁として機能する。走査線1702とデータ線1703は両方とも、ストライプ状に複数形成されており、互いに直交するように設けられている。なお、図 1 7 (a)では図示していないが、走査線1702とデータ線1703の間には有機化合物膜が挟まれており、交差部1705が画素となる。

## 【 0 1 7 0 】

そして、走査線1702およびデータ線1703はTABテープ1707を介して外部の駆動回路に接続される。なお、1708は走査線1702が集合してなる配線群を表しており、1709はデータ線1703に接続された接続配線1706の集合からなる配線群を表す。また、図示していないが、TABテープ1707の代わりに、TABテープにICを設けたTCPを接続してもよい。

## 【 0 1 7 1 】

また、図 1 7 (b)において、1710はシール材、1711はシール材1710によりプラスチック材1701に貼り合わされたカバー材である。シール材1710としては光硬化樹脂を用いていけばよく、脱ガスが少なく、吸湿性の低い材料が望ましい。カバー材としては基板1701と同一の材料が好ましく、ガラス（石英ガラスを含む）も

しくはプラスチックを用いることができる。ここではプラスチック材を用いる。

#### 【0172】

1720は、図12で示したような色変換層ないしはカラーフィルターである。ここでは、基板1701に加工した窪みに形成された例を示す。有機化合物膜1713が青色発光を呈する場合は色変換層を、有機化合物膜1713が白色発光を呈する場合はカラーフィルターを、用いればよい。

#### 【0173】

次に、画素領域の構造の拡大図を図17(c)に示す。1713は有機化合物膜である。なお、図17(c)に示すように、バンク1704は下層の幅が上層の幅よりも狭い形状になっており、データ線1703を物理的に分断できる。また、シール材1710で囲まれた画素部1714は、樹脂からなる封止材1715により外気から遮断され、有機化合物膜の劣化を防ぐ構造となっている。

#### 【0174】

以上のような構成からなる本発明の表示装置は、画素部1714が走査線1702、データ線1703、バンク1704および有機化合物膜1713で形成されるため、非常に簡単なプロセスで作製することができる。

#### 【0175】

また、本実施例に示した表示装置の表示面（画像を観測する面）に偏光板をもうけてもよい。この偏光板は、外部から入射した光の反射を押さえ、観測者が表示面に映り込むことを防ぐ効果がある。一般的には、円偏光板が用いられている。ただし、有機化合物膜から発した光が偏光板により反射されて内部に戻ること防ぐため、屈折率を調節して内部反射の少ない構造とすることが好ましい。

#### 【0176】

なお、本実施例の表示装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

#### 【0177】

##### [実施例11]

本実施例では、実施例10で示した表示装置にプリント配線板を設けてモジュール化した例を示す。

## 【0178】

図18(a)に示すモジュールは、基板1801（ここでは、画素部1802、配線1803a、1803bを含む）にTABテープ1804が取り付けられ、前記TABテープ1804を介してプリント配線板1805が取り付けられている。

## 【0179】

ここで、プリント配線板1805の機能ブロック図を図18(b)に示す。プリント配線板1805の内部には少なくともI/Oポート（入力もしくは出力部）1806、1809、データ信号側駆動回路1807およびゲート信号側回路1808として機能するICが設けられている。

## 【0180】

このように、基板面に画素部が形成された基板にTABテープが取り付けられ、そのTABテープを介して駆動回路としての機能を有するプリント配線版が取り付けられた構成のモジュールを、本明細書では特に駆動回路外付け型モジュールと呼ぶことにする。

## 【0181】

なお、本実施例の表示装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

## 【0182】

## [実施例12]

本実施例では、実施例8、実施例9、もしくは実施例10に示した表示装置にプリント配線板を設けてモジュール化した例を示す。

## 【0183】

図19(a)に示すモジュールは、基板1901（ここでは、画素部1902、データ信号側駆動回路1903、ゲート信号側駆動回路1904、配線1903a、1904aを含む）にTABテープ1905が取り付けられ、そのTABテープ1905を介してプリント配線板1906が取り付けられている。プリント配線板1906の機能ブロック図を図19(b)に示す。

## 【0184】

図19(b)に示すように、プリント配線板1906の内部には少なくともI/Oポート

1907、1910、コントロール部1908として機能するICが設けられている。なお、ここではメモリ部1909を設けてあるが、必ずしも必要ではない。またコントロール部1908は、駆動回路の制御、映像データの補正などをコントロールするための機能を有した部位である。

## 【0185】

このように、有機発光素子の形成された基板にコントローラーとしての機能を有するプリント配線板が取り付けられた構成のモジュールを、本明細書では特にコントローラー外付け型モジュールと呼ぶことにする。

## 【0186】

なお、本実施例の表示装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

## 【0187】

## [実施例13]

本実施例では、有機発光素子を、デジタル時間階調表示により駆動する表示装置の例を示す。本実施例の表示装置は、デジタル時間階調表示により均一な像を得ることができ、非常に有用である。

## 【0188】

有機発光素子を用いた画素の、回路構成を図20(a)に示す。Trはトランジスタ、Csはストレージキャパシタを表す。この回路においては、ゲート線が選択されると、電流がソース線からTr1に流れ、その信号に対応する電圧がCsに蓄積される。そして、Tr2のゲートおよびソース間の電圧 ( $V_{gs}$ ) により制御される電流が、Tr2および有機発光素子に流れることになる。

## 【0189】

Tr1が選択されたあとは、Tr1はオフ状態となり、Csの電圧 ( $V_{gs}$ ) が保持される。したがって、 $V_{gs}$  に依存するだけの電流を流し続けることができる。

## 【0190】

このような回路を、デジタル時間階調表示により駆動するチャートを図20(b)に示す。すなわち、1フレームを複数のサブフレームに分割するわけだが、図20(b)では、1フレームを6つのサブフレームに分割する6ビット階調とした

。この場合、それぞれのサブフレーム発光期間の割合は、3 2 : 1 6 : 8 : 4 : 2 : 1 となる。

## 【 0 1 9 1 】

本実施例におけるTFT基板の駆動回路の概要を図 2 0 (c)に示す。ゲートドライバおよびソースドライバは同じ基板上に設けられている。本実施例では、画素回路およびドライバは、デジタル駆動するように設計されているため、TFT特性のばらつきの影響を受けることなく、均一な像を得ることができる。

## 【 0 1 9 2 】

## 〔実施例 1 4〕

上記実施例で述べた本発明の表示装置は、低消費電力で寿命が長いという利点を有する。したがって、前記表示装置が表示部等として含まれる電気器具は、従来よりも低い消費電力で動作可能であり、なおかつ長保ちする電気器具となる。特に電源としてバッテリーを使用する携帯機器のような電気器具に関しては、低消費電力化が便利さに直結する（電池切れが起こりにくい）ため、極めて有用である。

## 【 0 1 9 3 】

また、前記表示装置は、自発光型であることから液晶表示装置のようなバックライトは必要なく、有機化合物膜の厚みも 1  $\mu\text{m}$ に満たないため、薄型軽量化が可能である。したがって、前記表示装置が表示部等として含まれる電気器具は、従来よりも薄型軽量の電気器具となる。このことも、特に携帯機器のような電気器具に関して、便利さ（持ち運びの際の軽さやコンパクトさ）に直結するため、極めて有用である。さらに、電気器具全般においても、薄型である（かさばらない）ことは運送面（大量輸送が可能）、設置面（部屋などのスペース確保）からみても有用であることは疑いない。

## 【 0 1 9 4 】

なお、前記表示装置は自発光型であるために、液晶表示装置に比べて明るい場所での視認性に優れ、しかも視野角が広いという特徴を持つ。したがって、前記表示装置を表示部として有する電気器具は、表示の見やすさの点でも大きなメリットがある。

## 【 0 1 9 5 】

すなわち、本発明の表示装置を用いた電気器具は、薄型軽量・高視認性といった従来の有機発光素子の長所に加え、低消費電力・長寿命という特長も保有しており、極めて有用である。

## 【 0 1 9 6 】

本実施例では、本発明の表示装置を表示部として含む電気器具を例示する。その具体例を図 2 1 および図 2 2 に示す。なお、本実施例の電気器具に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した素子のいずれを用いてもよい。また、本実施例の電気器具に含まれる表示装置の形態は、図 1 3 ～図 2 0 のいずれの形態を用いても良い。

## 【 0 1 9 7 】

図 2 1 (a) は有機発光素子を用いたディスプレイであり、筐体 2101a、支持台 2102a、表示部 2103a を含む。本発明の表示装置を表示部 2103a として用いたディスプレイを作製することにより、薄く軽量で、長保ちするディスプレイを実現できる。よって、輸送が簡便になり、設置の際の省スペースが可能となる上に、寿命も長い。

## 【 0 1 9 8 】

図 2 1 (b) はビデオカメラであり、本体 2101b、表示部 2102b、音声入力部 2103b、操作スイッチ 2104b、バッテリー 2105b、受像部 2106b を含む。本発明の表示装置を表示部 2102b として用いたビデオカメラを作製することにより、消費電力が少なく、軽量のビデオカメラを実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも簡便になる。

## 【 0 1 9 9 】

図 2 1 (c) はデジタルカメラであり、本体 2101c、表示部 2102c、接眼部 2103c、操作スイッチ 2104c を含む。本発明の表示装置を表示部 2102c として用いたデジタルカメラを作製することにより、消費電力が少なく、軽量のデジタルカメラを実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも簡便になる。

## 【 0 2 0 0 】

図 2 1 (d) は記録媒体を備えた画像再生装置であり、本体 2101d、記録媒体 (CD

、LD、またはDVDなど) 2102d、操作スイッチ2103d、表示部(A)2104d、表示部(B) 2105dを含む。表示部(A)2104dは主として画像情報を表示し、表示部(B)2105dは主として文字情報を表示する。本発明の表示装置をこれら表示部(A)2104dや表示部(B)2105dとして用いた前記画像再生装置を作製することにより、消費電力が少なく軽量な上に、長保ちする前記画像再生装置を実現できる。なお、この記録媒体を備えた画像再生装置には、CD再生装置、ゲーム機器なども含む。

## 【 0 2 0 1 】

図 2 1 (e)は携帯型(モバイル) コンピュータであり、本体2101e、表示部2102e、受像部2103e、操作スイッチ2104e、メモリスロット2105eを含む。本発明の表示装置を表示部2102eとして用いた携帯型コンピュータを作製することにより、消費電力が少なく、薄型軽量の携帯型コンピュータを実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも簡便になる。なお、この携帯型コンピュータはフラッシュメモリや不揮発性メモリを集積化した記録媒体に情報を記録したり、それを再生したりすることができる。

## 【 0 2 0 2 】

図 2 1 (f)はパーソナルコンピュータであり、本体2101f、筐体2102f、表示部2103f、キーボード2104fを含む。本発明の表示装置を表示部2103fとして用いたパーソナルコンピュータを作製することにより、消費電力が少なく、薄型軽量のパーソナルコンピュータを実現できる。特に、ノートパソコンのように持ち歩く用途が必要な場合、電池の消費量や軽さの点で大きなメリットとなる。

## 【 0 2 0 3 】

なお、上記電気器具はインターネットなどの電子通信回線や電波などの無線通信を通じて配信される情報を表示することが多くなってきており、特に動画情報を表示する機会が増えている。有機発光素子の応答速度は非常に速く、そのような動画表示に好適である。

## 【 0 2 0 4 】

次に、図 2 2 (a)は携帯電話であり、本体2201a、音声出力部2202a、音声入力部2203a、表示部2204a、操作スイッチ2205a、アンテナ2206aを含む。本発明の表示装置を表示部2204aとして用いた携帯電話を作製することにより、消費電力が

少なく、薄型軽量の携帯電話を実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも楽になる上にコンパクトな本体にできる。

## 【 0 2 0 5 】

図 2 2 (b)は音響機器（具体的には車載用オーディオ）であり、本体2201b、表示部2202b、操作スイッチ2203b、2204bを含む。本発明の表示装置を表示部2202bとして用いた音響機器を作製することにより、消費電力が少なく、軽量の音響機器を実現できる。また、本実施例では車載用オーディオを例として示すが、家庭用オーディオに用いても良い。

## 【 0 2 0 6 】

なお、図 2 1 ～図 2 2 で示したような電気器具において、さらに光センサを内蔵させ、使用環境の明るさを検知する手段を設けることで、使用環境の明るさに応じて発光輝度を変調させるような機能を持たせることは有効である。使用者は、使用環境の明るさに比べてコントラスト比で100～150の明るさを確保できれば、問題なく画像もしくは文字情報を認識できる。すなわち、使用環境が明るい場合は画像の輝度を上げて見やすくし、使用環境が暗い場合は画像の輝度を抑えて消費電力を抑えるといったことが可能となる。

## 【 0 2 0 7 】

また、本発明の有機発光素子を光源として用いた表示装置も、低消費電力での動作や薄型軽量化が可能であるため、非常に有用と言える。特に、白色有機発光素子を用いた場合には、液晶表示装置のバックライトもしくはフロントライトといった光源として使用できるため、そのような液晶表示装置を含む電気器具に関しても、低消費電力の実現や薄型軽量化が可能である。

## 【 0 2 0 8 】

したがって、本実施例に示した図 2 1 ～図 2 2 の電気器具の表示部を、全て液晶ディスプレイにする場合においても、その液晶ディスプレイのバックライトもしくはフロントライトとして本発明の有機発光素子を用いたような電気器具を作製することにより、消費電力が少なく、薄くて軽量の電気器具が達成できる。

## 【 0 2 0 9 】

【発明の効果】



本発明を実施することで、消費電力が少ない上に、寿命も優れた表示装置を得ることができる。さらに、そのような表示装置を表示部に用いることで、明るく消費電力が少ない上に、長保ちする電気器具を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】有機界面の状態を表す図。

【図 2】蒸着装置を示す図。

【図 3】不純物層の形成を示す図。

【図 4】混合領域の状態を表す図。

【図 5】青色有機発光素子の構造を示す図。

【図 6】白色有機発光素子の構造を示す図。

【図 7】白色有機発光素子の構造を示す図。

【図 8】青色有機発光素子の構造を示す図。

【図 9】白色有機発光素子の構造を示す図。

【図 10】白色有機発光素子の構造を示す図。

【図 11】蒸着装置を示す図。

【図 12】カラーフィルターないしは色変換層を用いた表示装置の概略を示す図。

【図 13】表示装置の断面構造を示す図。

【図 14】表示装置の断面構造を示す図。

【図 15】表示装置の上面構造および断面構造を示す図。

【図 16】表示装置の上面構造および断面構造を示す図。

【図 17】表示装置の上面構造および断面構造を示す図。

【図 18】表示装置の構成を示す図。

【図 19】表示装置の構成を示す図。

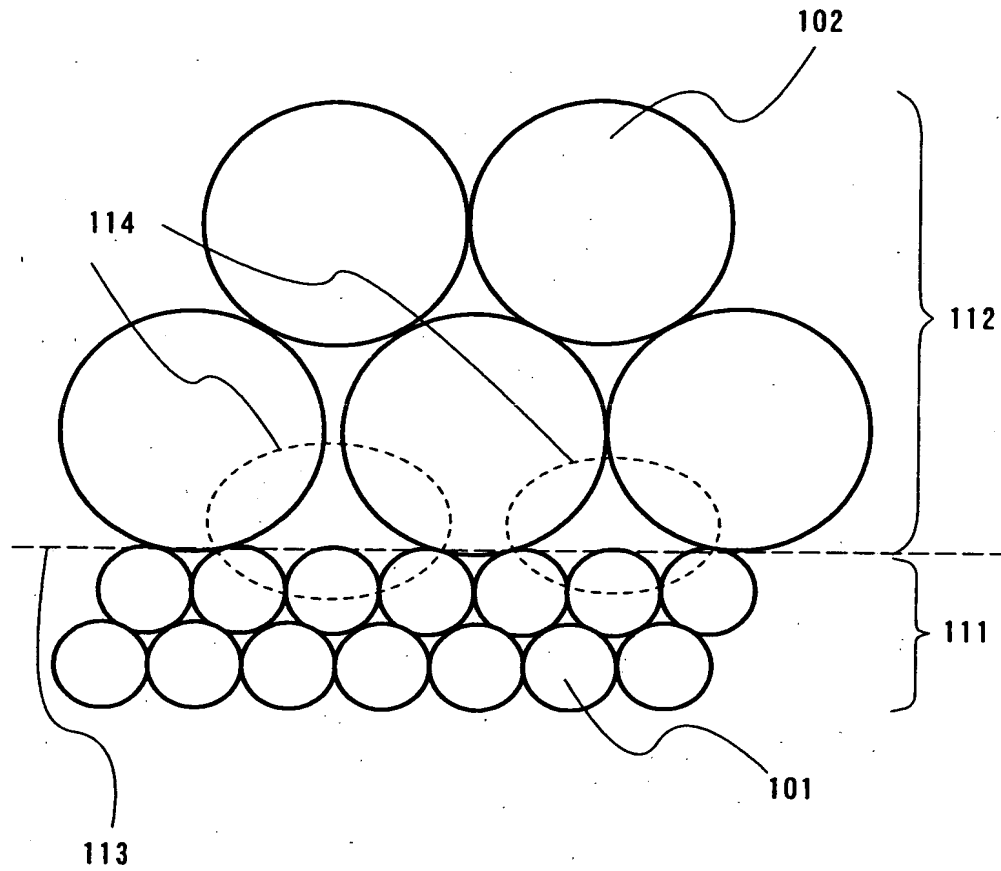
【図 20】表示装置の構成を示す図。

【図 21】電気器具の具体例を示す図。

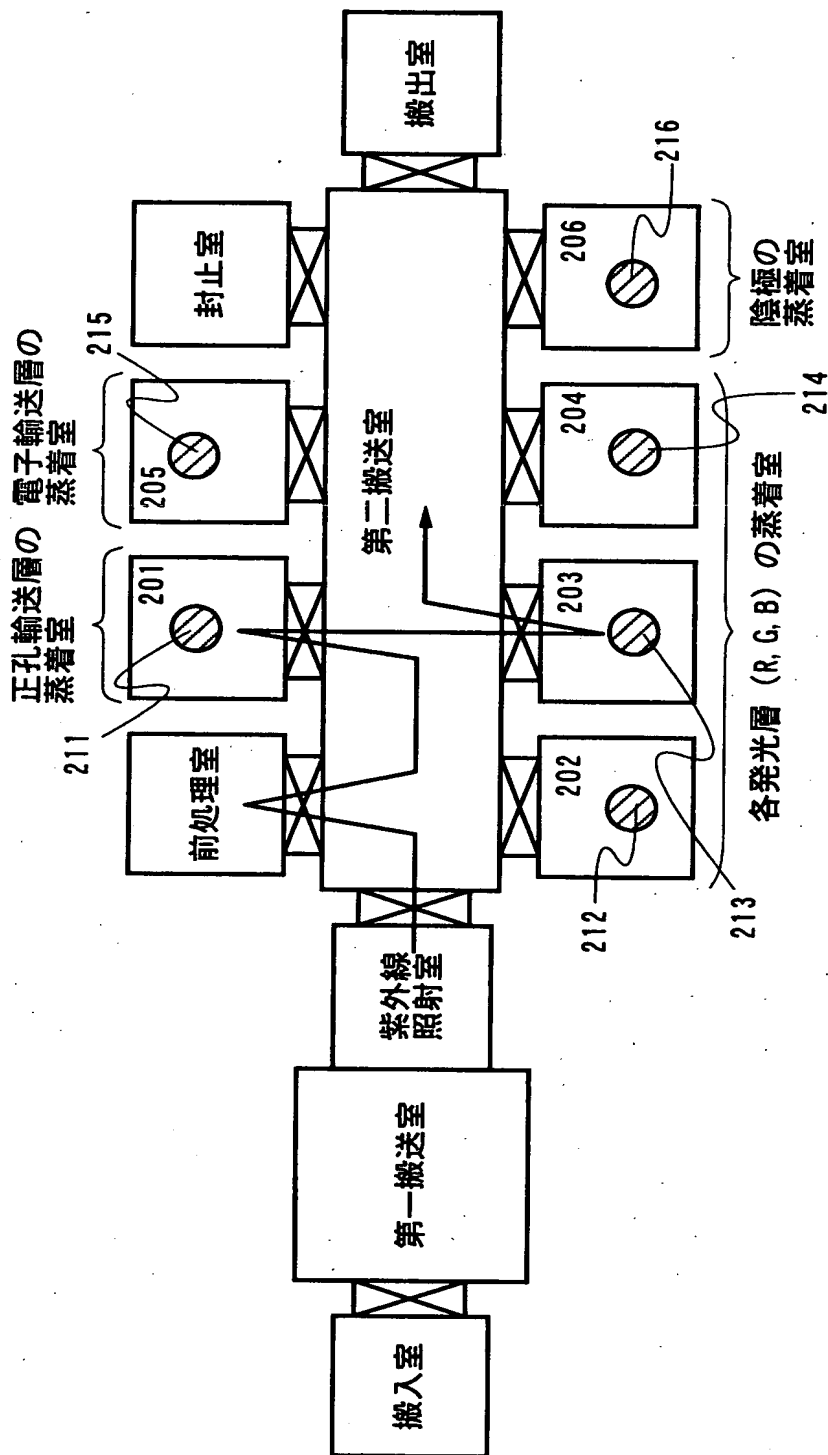
【図 22】電気器具の具体例を示す図。

【書類名】 図面

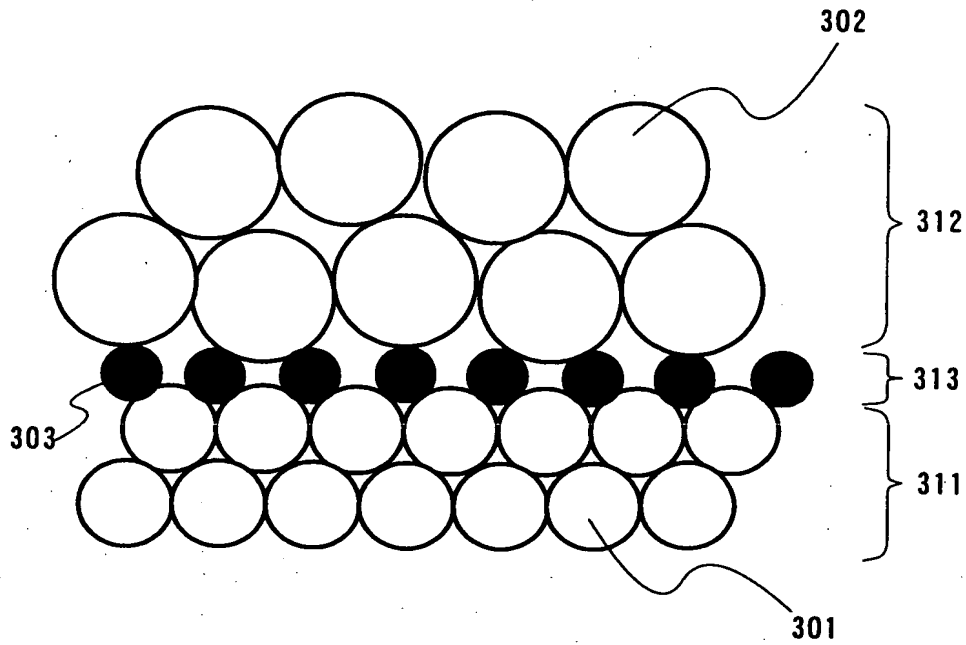
【図 1】



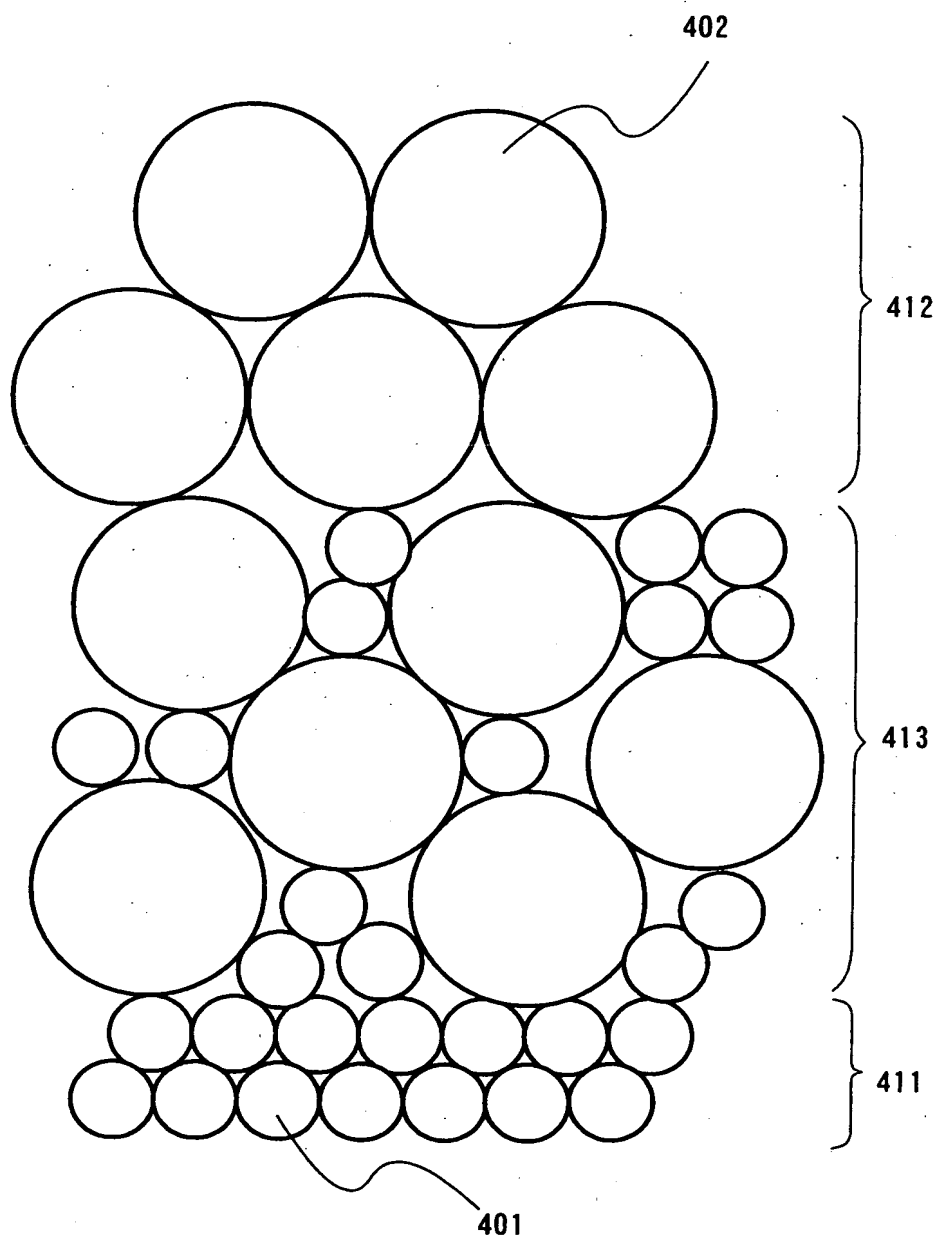
【図 2】



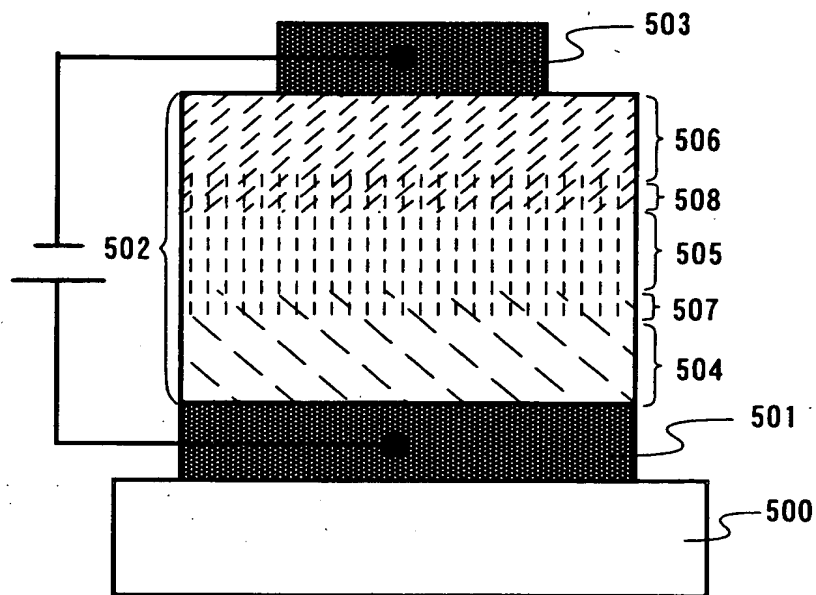
【図 3】



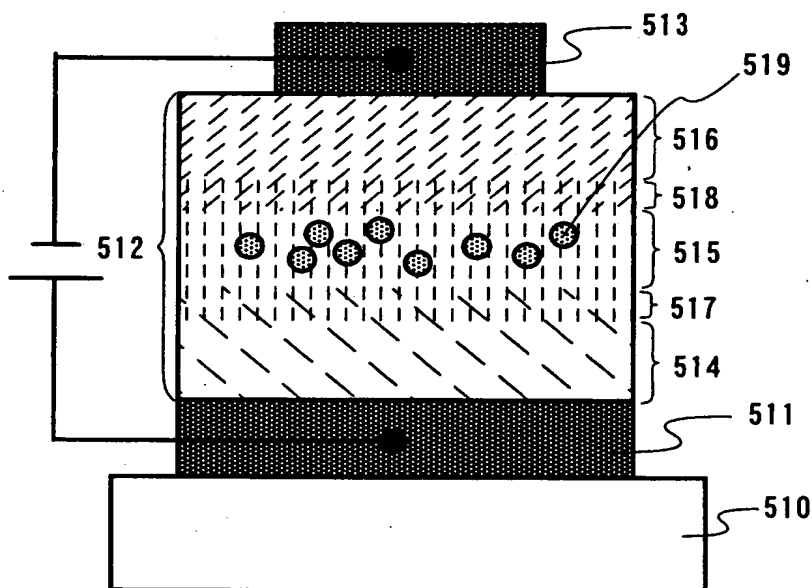
【図 4】



【図5】

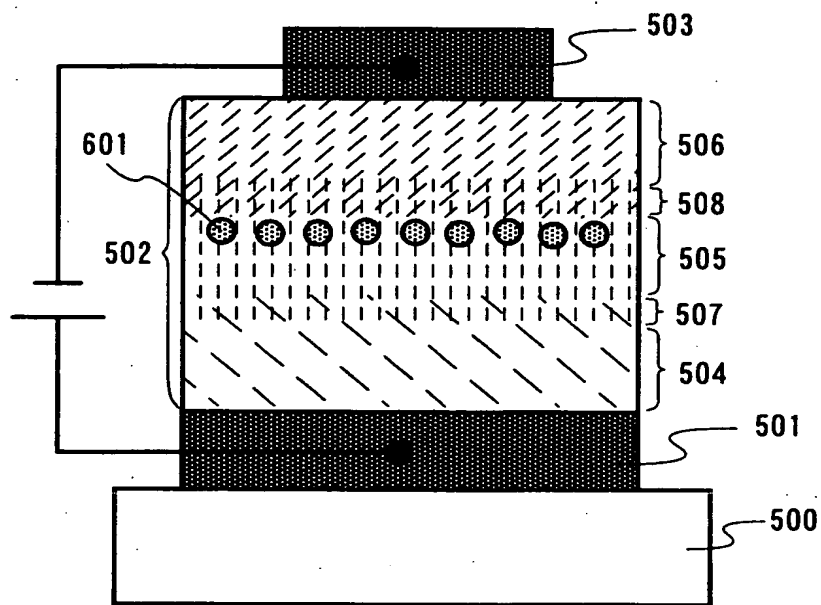


(a)

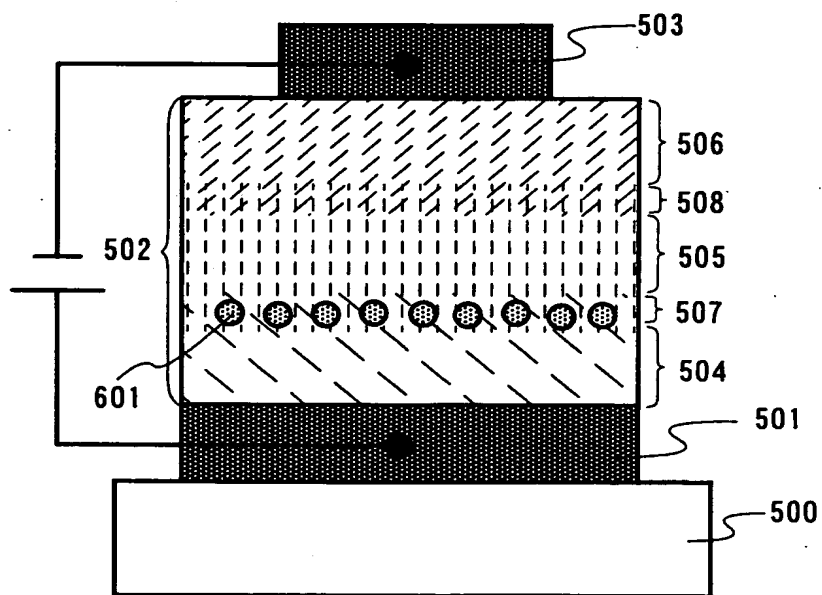


(b)

【図 6】

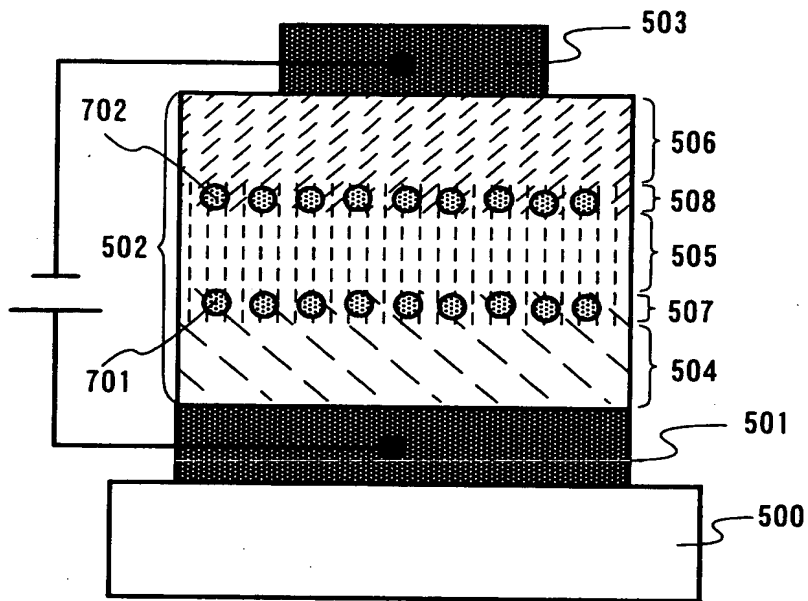


(a)



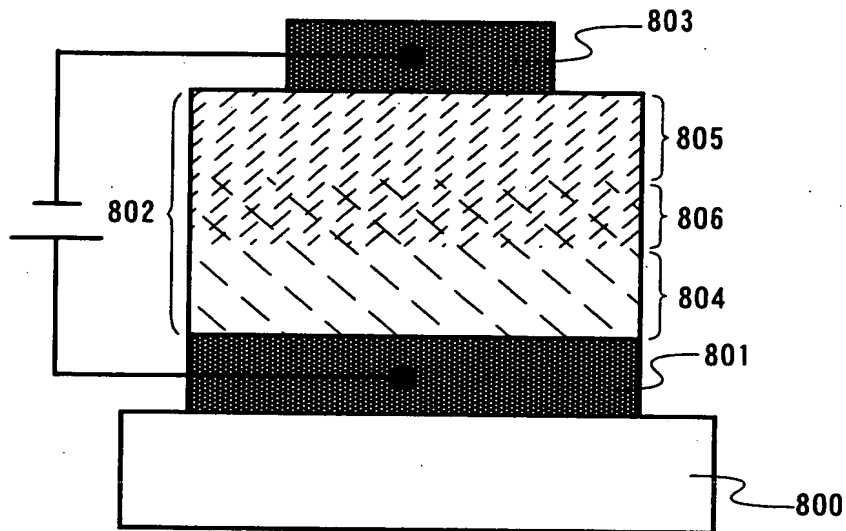
(b)

【図 7】

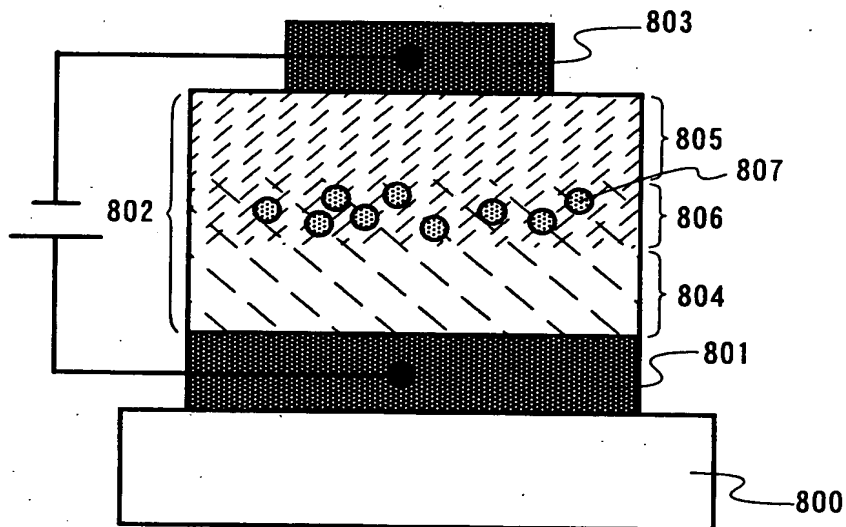




【図 8】

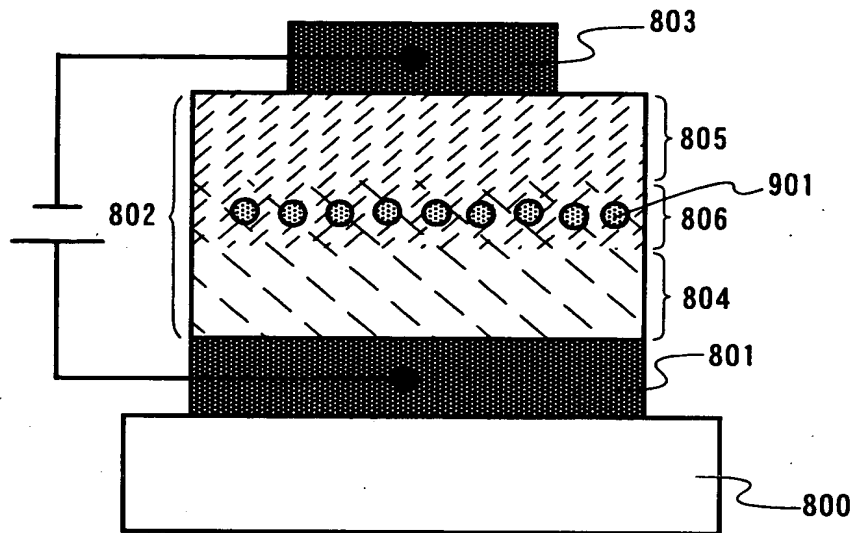


(a)

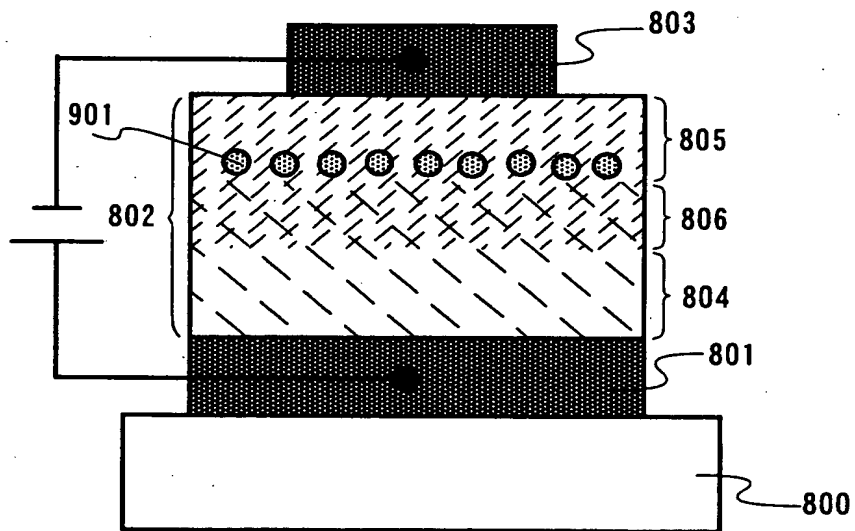


(b)

【図 9】

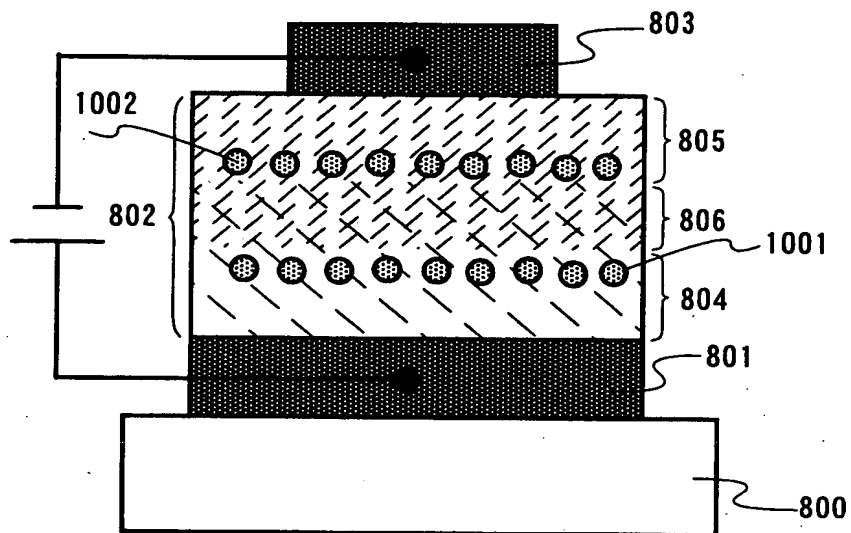


(a)

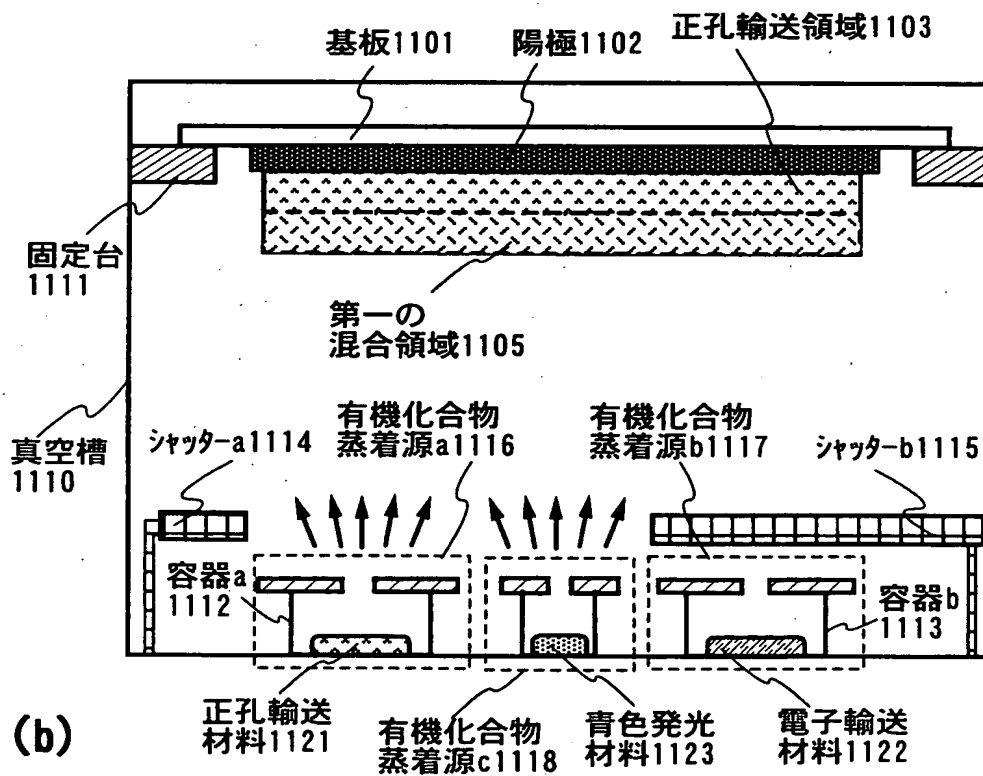
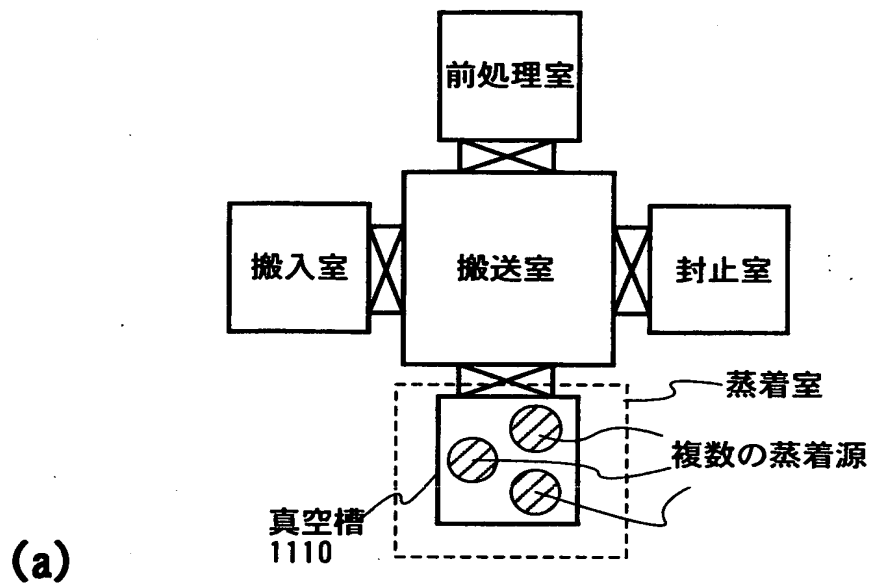


(b)

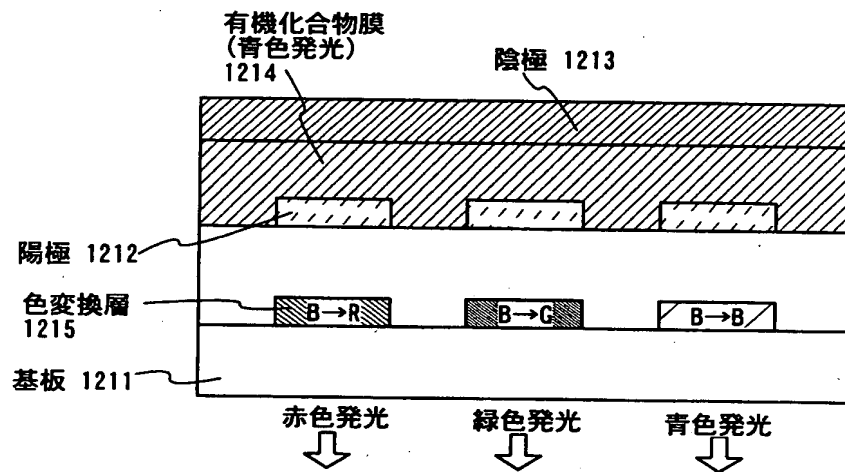
【図 10】



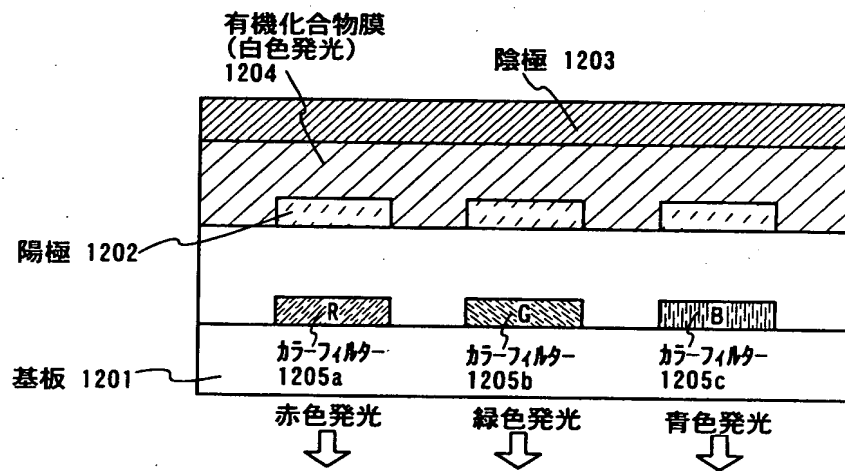
【図 1 1】



【図 12】

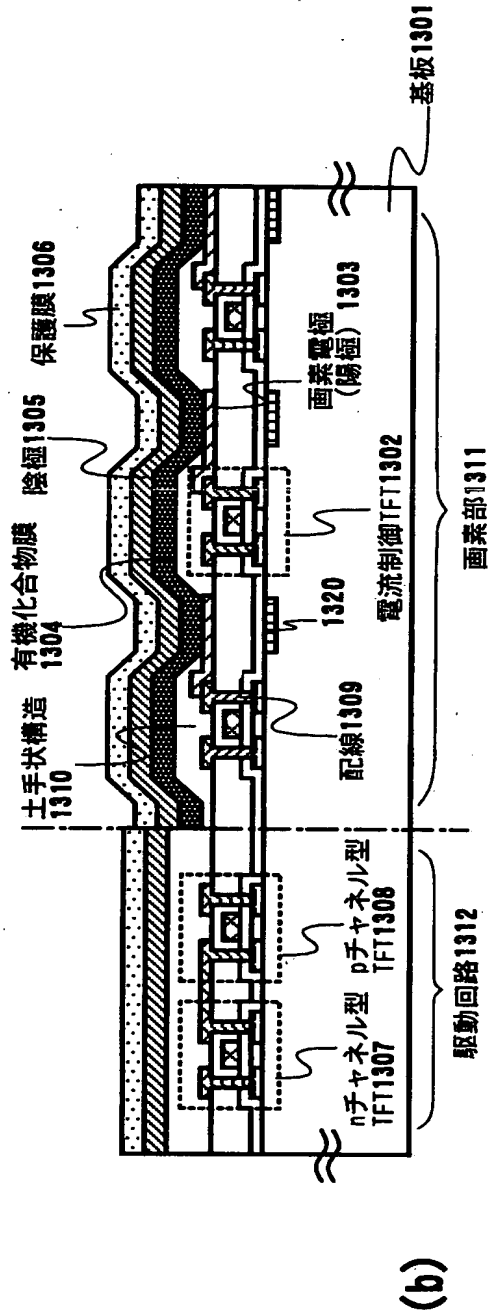
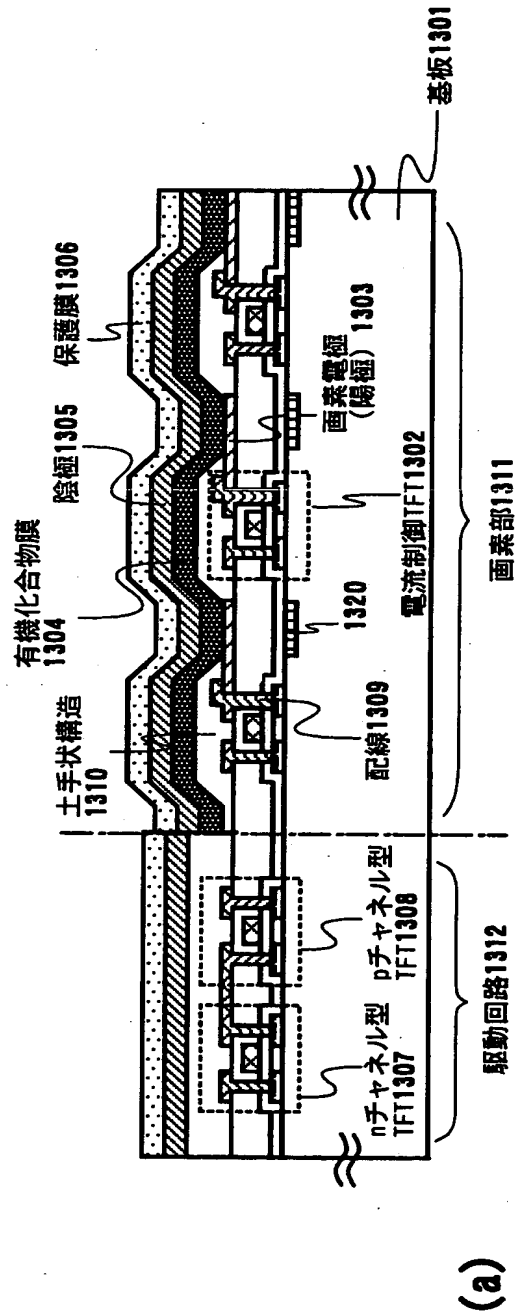


(a) 色変換 (CCM) 方式

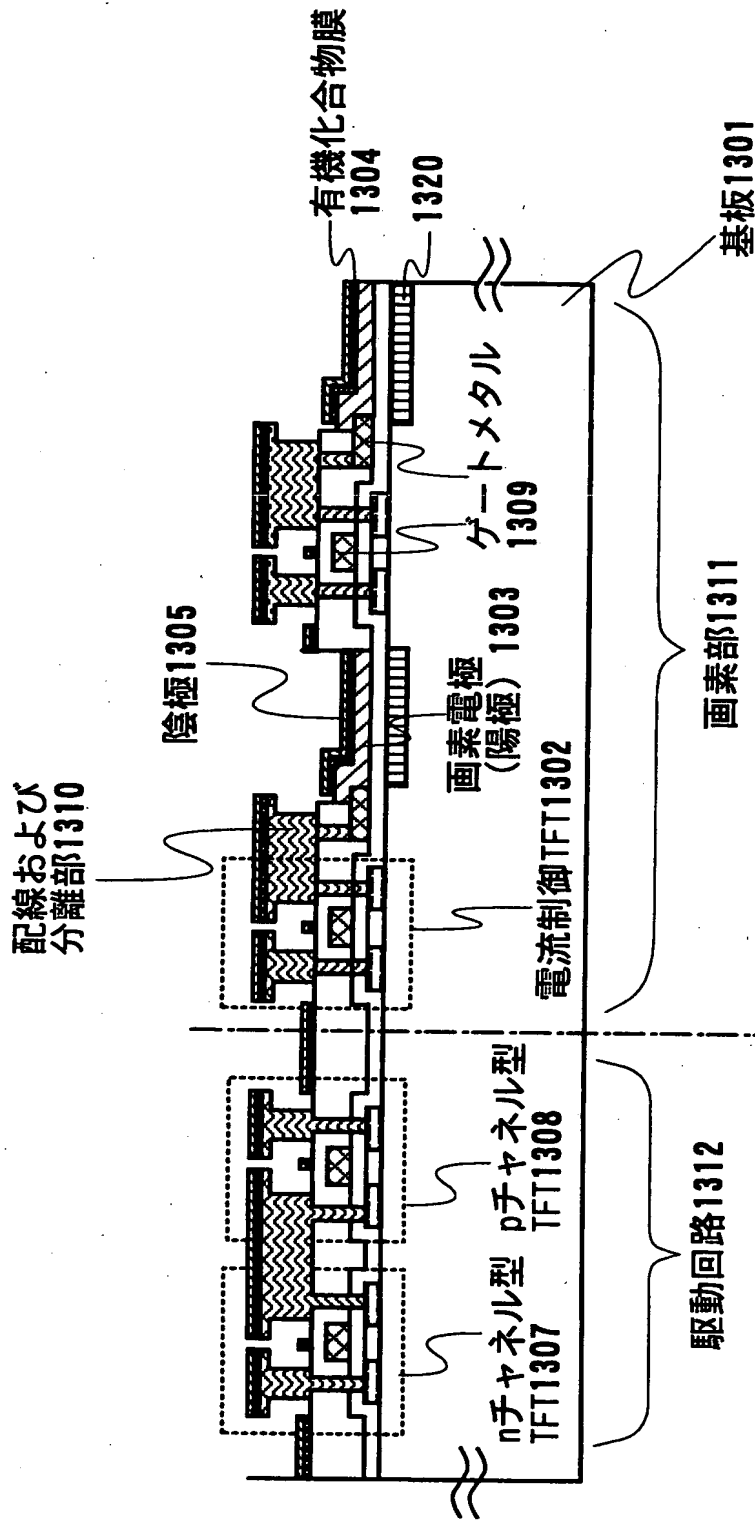


(b) カラーフィルタ方式

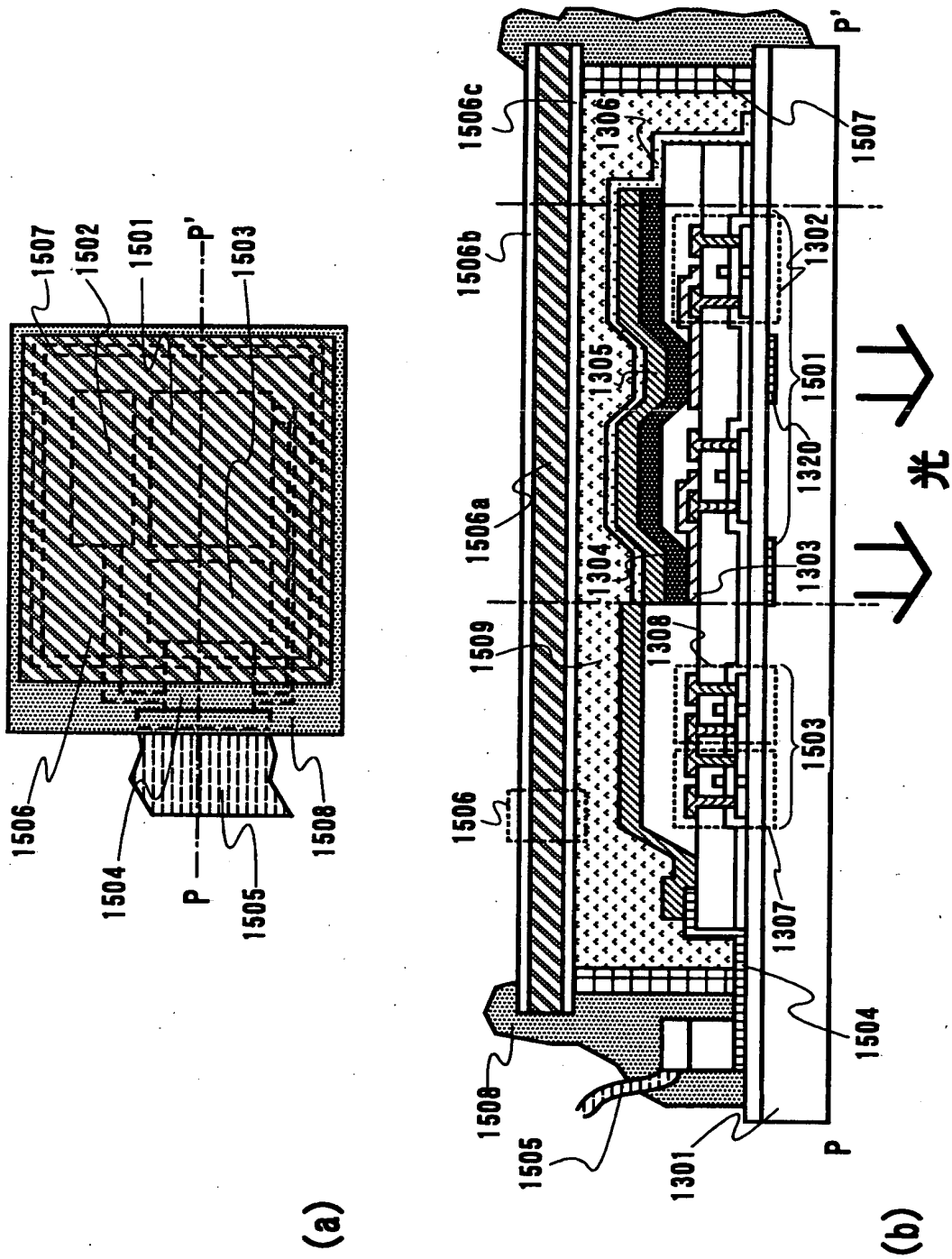
【図13】



【図 14】

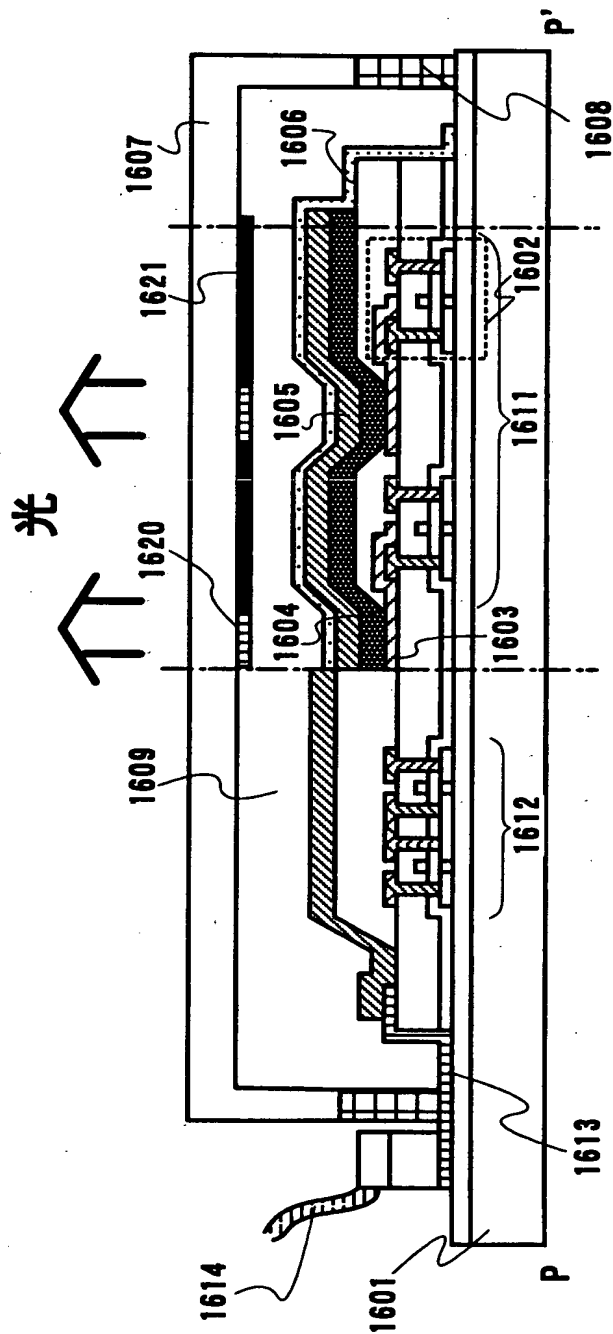


【図 15】

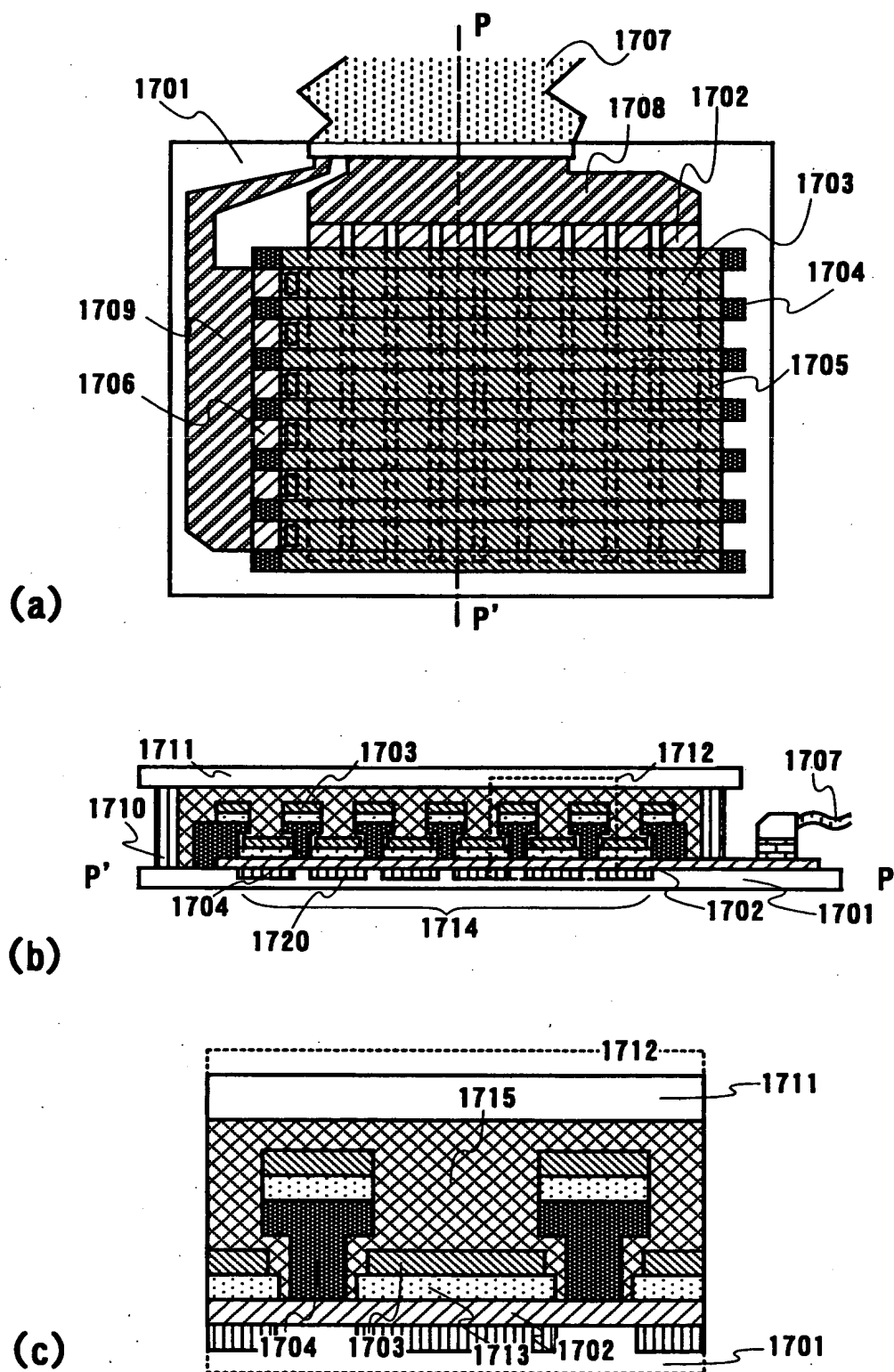




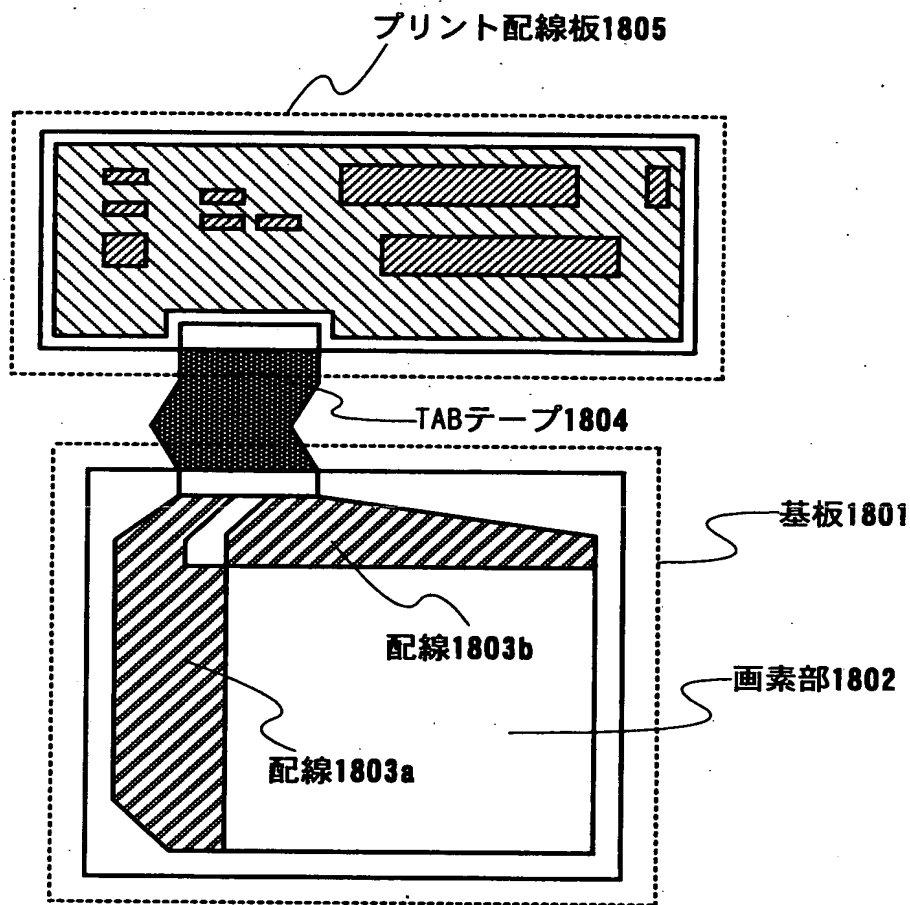
【図 16】



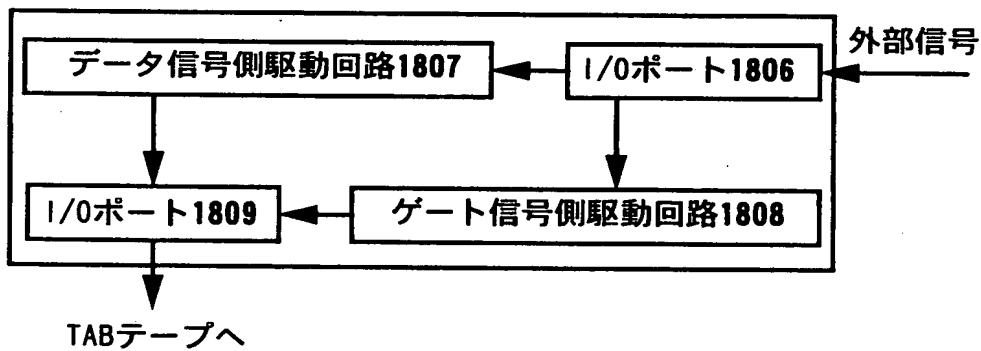
【図 17】



【図18】

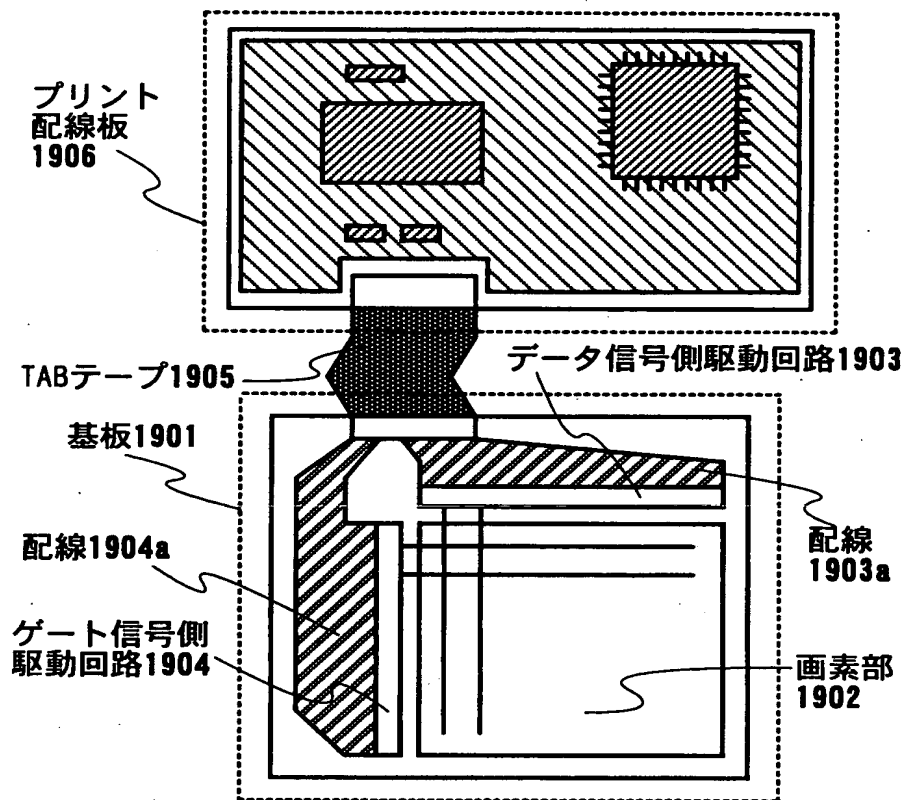


(a)

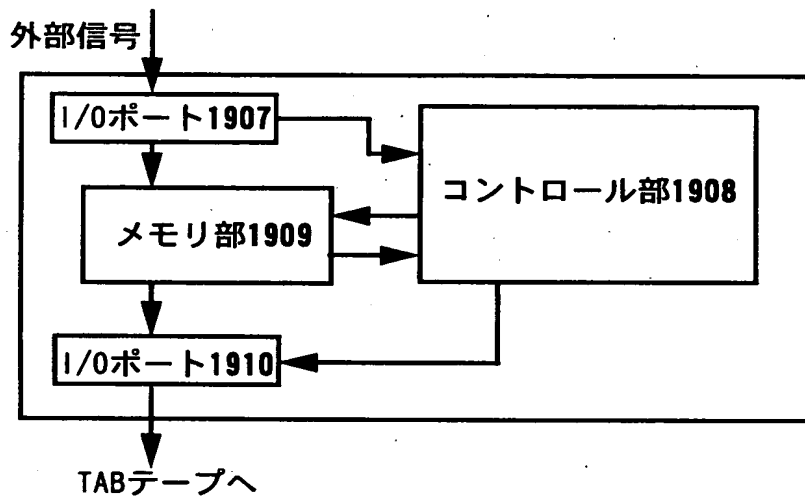


(b)

【図19】

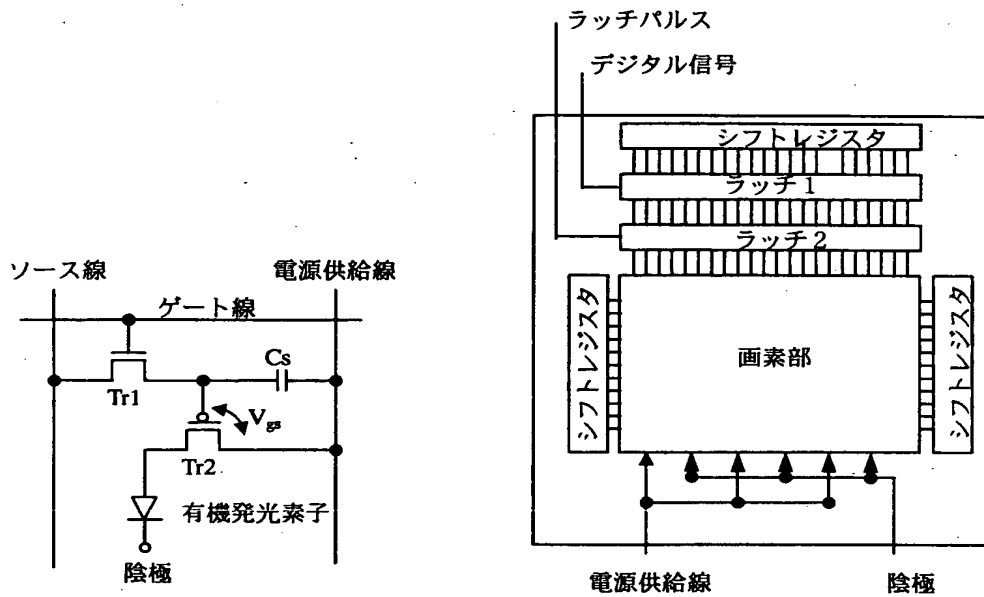


(a)



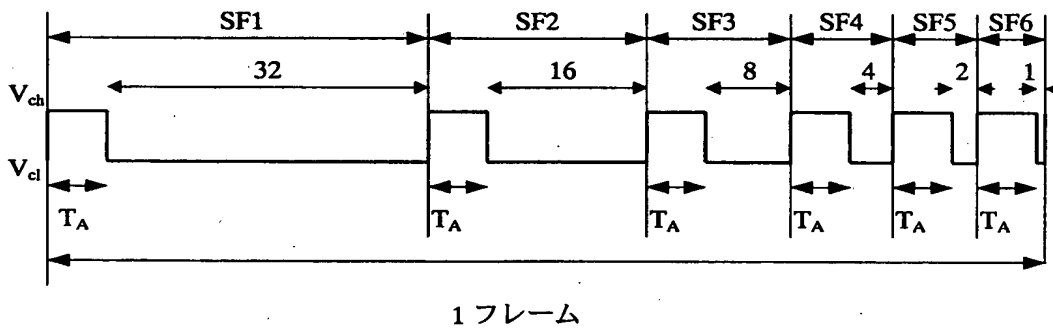
(b)

【図 20】



(a)

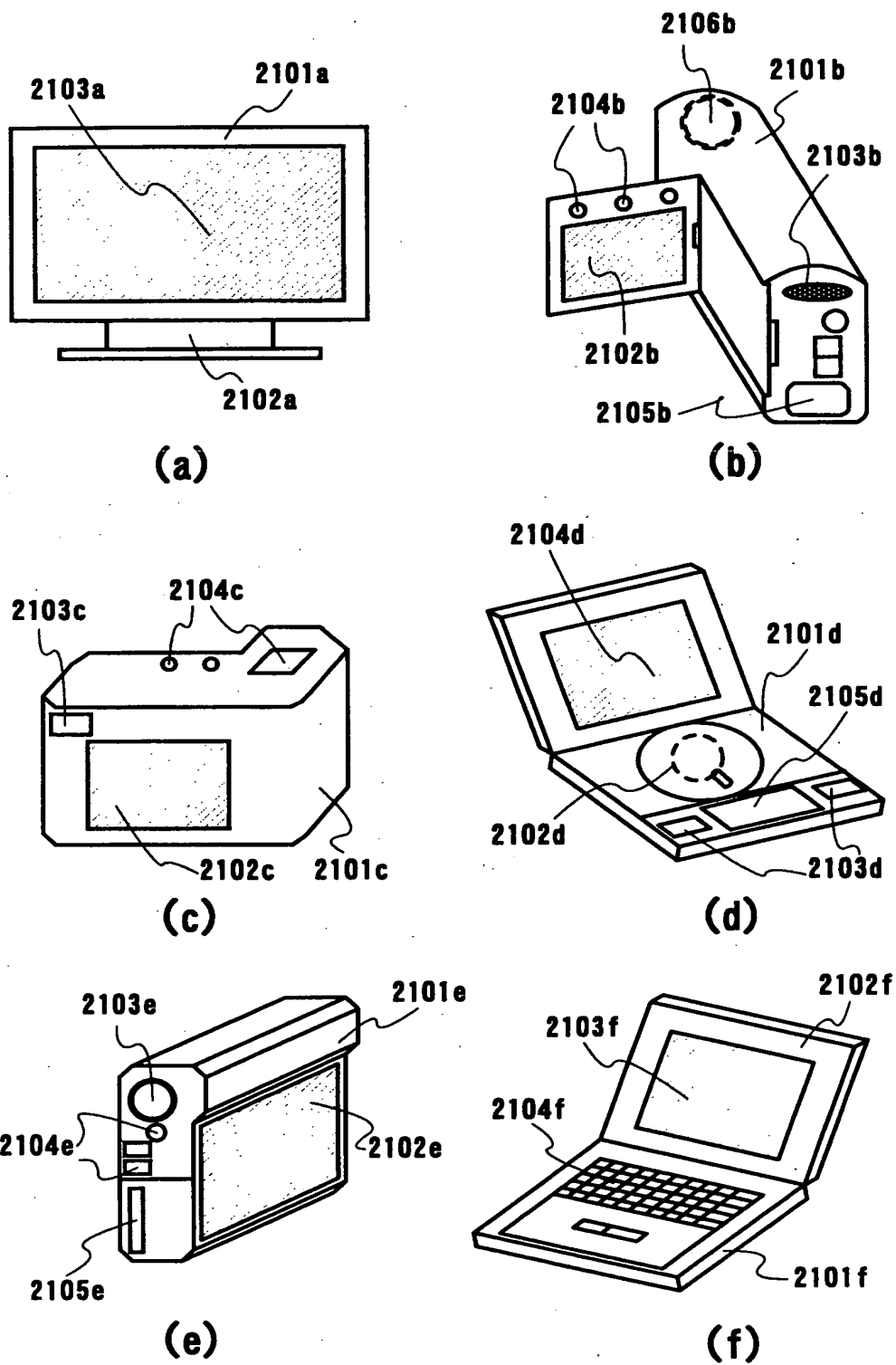
(c)



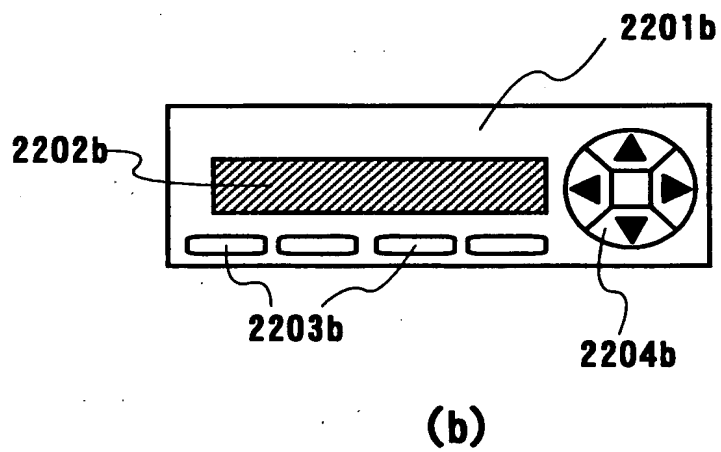
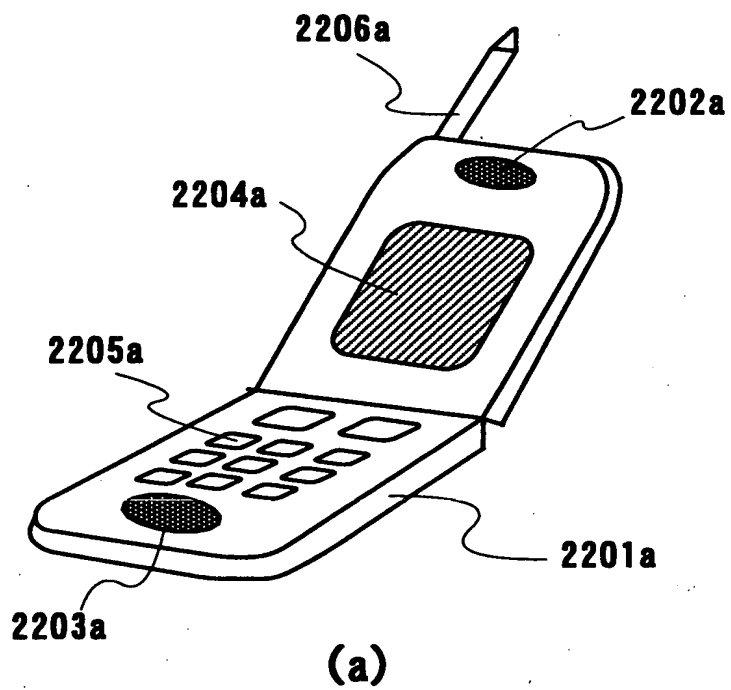
SF1-SF6:サブフレーム,  $T_A$ : 書き込み時間

(b)

【図 21】



【図 2 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 低消費電力で、寿命の長い表示装置および電気器具を提供する。

【解決手段】 有機化合物膜502が、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域504と、正孔輸送材料および青色発光材料の両方を含む第一の混合領域507と、青色発光材料からなる発光領域505と、電子輸送材料および青色発光材料の両方を含む第二の混合領域508と、電子輸送材料からなる電子輸送領域506と、を接続する構造を保有することにより、従来の積層構造に存在する各層間の界面を排除した青色有機発光素子を得る。また、この素子構造を基本に色素をドーピングすることにより、白色有機発光素子を得る。この手法により、発光効率が高く寿命の長い青色または白色の有機発光素子を提供する。また、前記有機発光素子を色変換層ないしはカラーフィルターと組み合わせることで、低消費電力で寿命の長いフルカラー表示装置を得る。

【選択図】 図5



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000153878]

1. 変更年月日	1990年 8月17日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県厚木市長谷398番地
氏 名	株式会社半導体エネルギー研究所